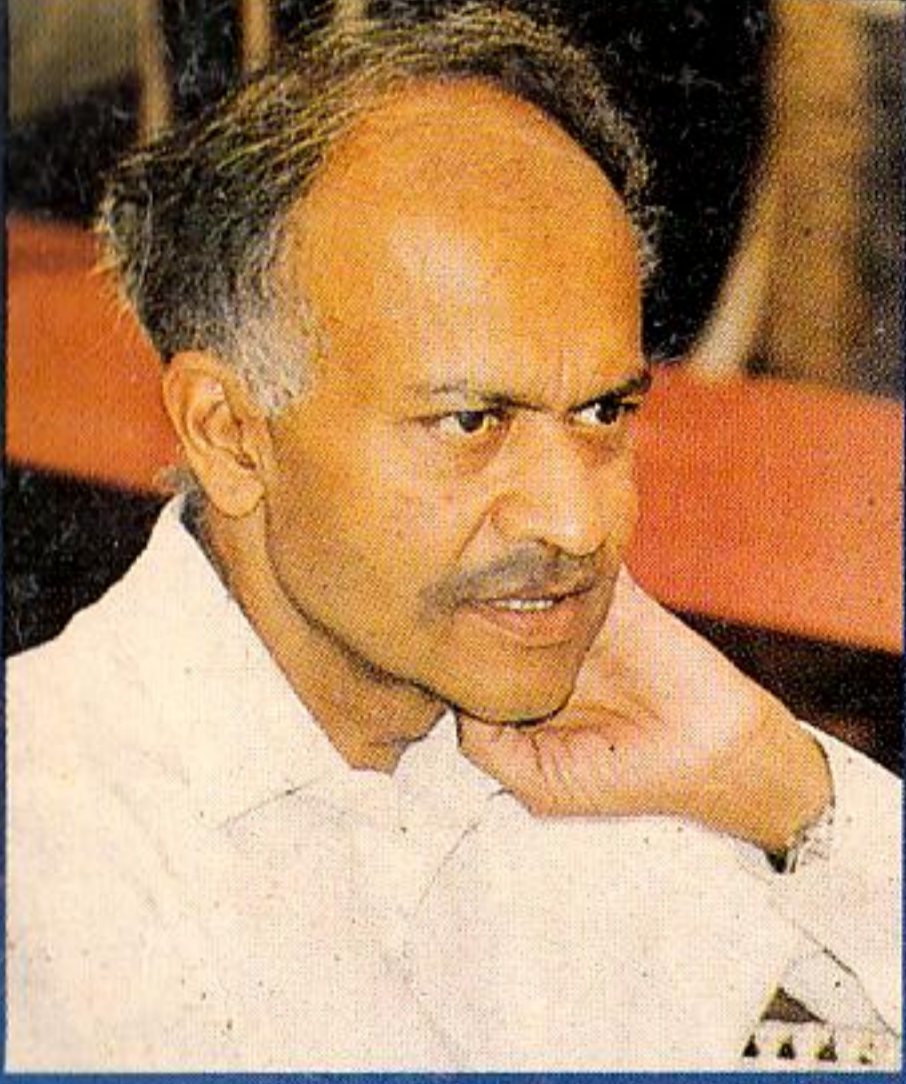




□ विज्ञानाच्या वाटा



लेखक परिचय

डॉ. जयंत विष्णू नारळीकर

जन्म - १९ जुलै १९३८, कोल्हापूर

बनारस विद्यापीठातून पदवी घेतल्यानंतर उच्च शिक्षणासाठी केंब्रिजला प्रयाण. १९५९ साली रँग्लर किताब. प्रा. फ्रेड हॉईल यांच्या मार्गदर्शनाखाली १९६३ साली पी.एच्.डी. १९७२ पासून मुंबईच्या टाटा इन्स्टिट्यूट ऑफ फंडामेंटल रिसर्च या संस्थेत प्राध्यापक व सैद्धांतिक खभौतिकी विभाग प्रमुख.

१९७३ ते १९७५ जवाहरलाल नेहरू फेलो, तर १९७९-८० मध्ये विद्यापीठ अनुदान मंडळातर्फे राष्ट्रीय व्याख्याते. जगभरातील विविध संस्थांना भेटी व व्याख्याने.

इंडियन अॅकॅडमी, नॅशनल अॅकॅडमी ऑफ सायन्सेस, केंब्रिज फिलॉसॉफिकल सोसायटी अशा जगन्मान्य संस्थांचे फेलो. १९६५ साली पद्मभूषण सन्मान, १९७८ मध्ये शांतीस्वरूप भटनागर पुरस्कार, १९८३ साली फाय फाउंडेशन तर्फे राष्ट्रभूषण पुरस्कार अशा अनेक मान सन्मानांचे मानकरी.

वैज्ञानिक संशोधनाबरोबरच लोकार्थी विज्ञान लेखन आणि विज्ञान रंजन लेखनात रस. मराठीतून अनेक पुस्तके आणि लेख. आकाशवाणी आणि दूरदर्शनवर कार्यक्रम. विज्ञान प्रसाराच्या कार्यासाठी १९९० साली इंदिरा गांधी पुरस्कार.

पंतप्रधानांच्या विज्ञान विषयक सल्लागार समितीसह (१९८६-९०) अनेक महत्वाच्या समित्यांवर काम.

१९८८ पासून पुणे येथे आंतरविद्यापीठीय खगोलशास्त्र आणि खगोल भौतिकी या केंद्राचे संचालक. आंतरराष्ट्रीय कीर्तीचे वैज्ञानिक आणि लेखक.

वायली ईस्टर्न लिमिटेड



# विश्वाची रचना

डॉ. जयंत नारळीकर

ISBN 81-224-0479-0





## संपादकीय प्रास्ताविक



गेल्या काही दशकात विज्ञान तंत्रज्ञानात प्रचंड वेगाने प्रगती होत आहे. विज्ञानाची क्षितिजे दररोज रुंदावत आहेत. कविकल्पना प्रत्यक्ष व्यवहारात आलेल्या आपण पहातो. शोध लागल्यापासून त्याची बरी वाईट फळे सामान्य लोकांपर्यंत पोचण्यासाठी लागणारा काळ कमी कमी होत आहे. सगळे जग इतके लहान झाले आहे की कोठेही घडणाऱ्या घटनांचे पडसाद कानाकोपऱ्यात उमटतात.

ऊर्जा प्रश्न, पर्यावरणाचे संतुलन, सार्वजनिक आरोग्य, प्रदूषण, युद्धे यासारखे प्राणिमात्रांच्या अस्तित्वालाच धोका पोचवणारे प्रश्नही विज्ञानानेच निर्माण केलेले आहेत. इलेक्ट्रॉनिक्स, संगणकशास्त्र, जैवतंत्रज्ञान, लेझर यासारख्या आधुनिक विज्ञानशाखांनी सुखसोयी दाराशी आणल्या आहेत. भविष्यातल्या आव्हानांना सामोरे जाण्यासाठी, जुने कालबाह्य अकार्यक्षम तंत्रज्ञान टाकून देणे आवश्यक आहे. भारतीय समाजाच्या स्वाभाविक आणि सांस्कृतिक बैठकीशी समरस होणारे अर्थपूर्ण उपयोजित तंत्रज्ञान विकसित करणेही अवघड आहे. जगातील इतर देशांशी समान पातळीवर सुसंवाद साधायचा असेल तर स्वावलंबनानेच तंत्रज्ञान विकसित करावे लागेल. हा मार्ग खडतर आहे. त्यासाठी 'टीमवर्क' ची गरज आहे. याचीही जाणीव नव्या पिढीच्या संशोधकांमध्ये निर्माण व्हायला हवी.

वैज्ञानिक प्रगतीमुळे होणारे फायदे, धोके यांची माहिती करून देऊन समाजाची सुसंस्कृत, होकारात्मक मनोभूमिका तयार करण्याचे काम विज्ञानप्रसारकच करू शकतील. मराठी विज्ञान परिषद पुणे विभागाने 'विज्ञानाच्या वाटा' ही विज्ञानाच्या विविध शाखांची आणि त्यामध्ये आज होत असलेल्या प्रगतीची ओळख करून देणारी पुस्तकमाला प्रकाशित करण्याचा उपक्रम हाती घेतला आहे. लहान थोरांमध्ये दिसणारी विज्ञानविषयक उदासीनता, गैरसमज घालवून त्यांच्या मनात कुतुहल जागृत करणे आणि अधिक माहिती मिळवण्यासाठी उद्युक्त करणे हा या मालेतील पुस्तकांचा मुख्य उद्देश आहे. या कामी आंतरराष्ट्रीय ख्यातीचे मराठी वैज्ञानिक, प्राध्यापक, तरुण संशोधक, विज्ञान प्रसारक यांनी आपापल्या अनुभवाच्या क्षेत्राविषयी पुस्तके लिहून देण्याचे मान्य केले. काहींनी हस्तलिखिते वाचून पुस्तके अद्ययावत होण्यासाठी बहुमोल सूचना केल्या. या सर्वांच्या सहकार्यामुळेच "विज्ञानाच्या वाटा" पुस्तकमाला प्रकाशित होत आहे.

विज्ञानप्रसारासाठी ध्वनिचित्रफितींसारखे उत्कृष्ट माध्यम प्रचारात येत असले तरी अजूनतरी महाराष्ट्रात पुस्तकांना पर्याय नाही. त्यातूनही पुनः पुनः वाचन, विषय समजणे, संदर्भ, कमी किंमत, संग्राह्य असे अनेक फायदे पुस्तकांचे आहेतच. अर्थात विज्ञान ही

कॉपीराईट © १९९२ वायली ईस्टर्न लिमिटेड

### वायली ईस्टर्न लिमिटेड

४८३५/२४, अंसारी रोड, दरियागंज नवी दिल्ली - ११० ००२.

२७, बुल टेंपल रोड, बसवनगुडी, बंगलोर - ५६० ००४.

सरस्वती मंदिर स्कूल, नाना चौक, केनेडी ब्रिज, मुंबई - ४०० ००७, फोन नं. ३८८२०७८.

४०/८, बालीगंज, सरक्यूलर रोड, कलकत्ता - ७०० ०१९.

पान बजार, रानीबारी, गोहाटी - ७८१ ००१.

१८, मदनमोहन मालविया मार्ग, लखनौ - २२६ ००१.

नं. ६, फर्स्ट मेनरोड, गांधीनगर, मद्रास - ६०० ०२०.

१-२-४१२/९, गंगन महल, ए. व्ही. कॉलेज जवळ, दामलगुडा, हैदराबाद - ५०० ०२९.

फ्लॉट नं. २, बिल्डिंग नं. ७, इंदिरा को-ऑपरेटिव्ह हाऊसिंग सोसायटी लि., (इंदिरा हाईट), एरंडवणा, पौड फाटा, पुणे - ४११०३८. फोन नं. ३४१४५२.

ह्या पुस्तकाच्या पुनर्मुद्रणाचे, भाषांतराचे, उतारे घेण्याचे सर्व हक्क प्रकाशकाकडे आहेत.

ISBN 81-224-0479-0

मुखपृष्ठ : सतीष पाकणीकर, पुणे.

अक्षर मांडणी : चिदंबरम् आर्टस्, पुणे.

मुद्रक : बाबा बरखानाथ प्रिंटर्स, कीर्ति नगर, नवी दिल्ली. ११०००८

प्रकाशक : वायली ईस्टर्न लिमिटेड.



काही नुसती वाचण्याची गोष्ट नाही, अनुभवण्याची आहे. स्वतः प्रयोग करून निरीक्षणे करणे, आपापली अनुमाने इतरांशी पडताळून बघणे असा वैज्ञानिक दृष्टिकोन रुजायला 'विज्ञानाच्या वाटा' मधील पुस्तकांची मदत होईल अशी खात्री आहे.

मराठी विज्ञान परिषद, पुणे विभागाचे हे रौप्यमहोत्सवी वर्ष. या वर्षात 'विज्ञानाच्या वाटा' चा पहिला संच प्रकाशित हेत आहे. यापुढे नियमितपणे पुस्तकांचे प्रकाशन होत राहील. भटकंतीतून विज्ञानापासून, दूरस्थसंवेदन, दूरसंदेशवहन, लेझर, संगणक, अशा विज्ञानाच्या नवनव्या क्षितिजांना स्पर्श करणारी ही पुस्तके असतील.

भारतातील एक अग्रगण्य प्रकाशनसंस्था वायली ईस्टर्न लिमिटेड यांनी पुस्तकांचा दर्जा कायम ठेवून किंमत सर्वसामान्य वाचकांच्या अवाक्यात रहाण्यासाठी आणि योग्य वितरणासाठी सर्वप्रकारचे सहाय्य देऊ केले आहे.

डॉ. जयंत नारळीकर यांच्यासारख्या आंतरराष्ट्रीय ख्यातीच्या वैज्ञानिकाने या मालेतील पहिले पुस्तक लिहून दिले हा मराठी विज्ञानपरिषदेचा गौरव आहे. या पुस्तकात त्यांनी विश्वाच्या रचनेच्या संदर्भात अलीकडे प्रचलित असलेल्या मतप्रवाहांची ओळख करून दिली आहे.

- ललितकुमार क्षीरसागर

## अनुक्रमणिका

१.	पुरातन कल्पना	१
२.	अॅरिस्टॉटल ते न्यूटन	२
३.	आकाशगंगेच्या आंत आणि बाहेर	१२
४.	प्रसरणशील विश्व	२२
५.	महास्फोट सिध्दांतापुढील काही अनुत्तरित प्रश्न	२६
६.	विश्वात जीवसृष्टी कुठे कुठे असेल ?	३०
७.	समारोप.	३२
*	चौकट १ : ताऱ्यांचे जीवन चक्र	१७
*	चौकट २ : महास्फोटानंतरचे काही क्षण	२८

### - 'विज्ञानाच्या वाटा' पुस्तकमाला मध्यवर्ती समिती -

डॉ. वि. ग. भिडे,

प्रा. प्र. वि. सोवनी,

डॉ. वि. द. बोरकर,

डॉ. दि. रा. रानडे,

श्री. असंग माचवे,

श्री. विनायक दवे,

डॉ. ल. खं. क्षीरसागर,

संचालक, वायली ईस्टर्न लिमिटेड

वायली ईस्टर्न लिमिटेड

प्रकल्प संचालक.



## विश्वाची रचना

### पुरातन कल्पना

विश्व केवढे अफाट पसरले आहे, त्यांत दृश्य आणि अदृश्य असे काय काय भरले आहे, किती काळापूर्वी त्याची उत्पत्ती झाली इत्यादी प्रश्न अनादिकाळापासून माणसाला भेडसावत आले आहेत. जिज्ञासा मानवाला स्वस्थ बसू देत नाही. प्रश्नांची उत्तरे लवकर मिळाली नाहीत तर काही समजुतींवर समाधान मानून घ्यायची त्याची प्रवृत्ती असते. पुरातन संस्कृती मध्ये, मग त्या कुठल्या ही देशातल्या असोत, कथा - पुराणांतून विश्वाबद्दल अटकळी मांडलेल्या दिसतात.

भारतात 'ब्रह्माण्ड' ह्या कल्पनेत एका प्रचंड अंड्यात विश्व समाविष्ट असल्याची कल्पना आहे. युरोपात स्कॅण्डिनेव्हियन देशांच्या पूर्व संस्कृतीत 'विश्ववृक्षा' ची कल्पना आहे. त्या वृक्षात मुळापासून फांद्यांपर्यंत विश्व पसरले आहे. ईजिप्तच्या पुराणांत सूर्यदेव 'रा' पाण्यातून नाव वलवीत जातो असे म्हटले आहे. चीन पासून अमेरिकेतील रेड इंडियन जमातीपर्यंत विश्वरचनेच्या विभिन्न कल्पना दिसतात.

परंतु केवळ अटकळींवर अवलंबून न राहता प्रत्यक्ष निरीक्षणावर भर देणे ही विज्ञानाची चौकट हळू हळूच तयार झाली. त्या चौकटीची सुरवात अर्थातच जिज्ञासेने झाली. प्रश्न विचारल्याखेरीज उत्तरे मिळत नाहीत आणि ज्ञानात वृद्धी होत नाही. फार पुरातन काळी उपनिषद्कारांत ही जिज्ञासा होती. विश्वाच्या उत्पत्तीबद्दल ते म्हणतात :

को अद्धा वेद क इह प्रवोचत् कुत आजाता कुत इयं विसृष्टिः ।

अर्वाग् देवा अस्य विसर्जनेनाथा को वेद यत आबभूव ॥

“ हा सृष्टीचा व्याप कुठून आणि कसा आला हे कोण सविस्तर सांगेल ?



कोणाला खात्रीदायक माहिती आहे ? देवा सुध्दा सृष्टीनंतर आले. तेव्हा ही सृष्टी कुठून आली हे कोण जाणतो ?”

हेच प्रश्न आजचे वैज्ञानिक वेगळ्या स्वरूपात विचारतात. कसे ते आपण पुढे पाहू. विज्ञानाच्या चौकटीत अंतिम सत्य हा प्रकार नसतो --- असला तरी तो कोणाला गवसत नाही. कारण वैज्ञानिक सिध्दांत आपल्याला दिसते त्याची मीमांसा करू पाहतात. ते जोपर्यंत करू शकतात तोपर्यंत टिकतात. सिध्दांतांची योग्यता त्यांनी केलेल्या भाकीतांवर अवलंबून असते. भाकीते करणारा सिध्दांत ती भाकीते निरीक्षणांद्वारे खरी ठरतात तो पर्यंत टिकतो. निरीक्षणाने भाकीत चूक ठरवले की सिध्दांत बदलावा लागतो.

अशा शिस्तबद्ध कार्य-पध्दतीत चुकीचे सिध्दांत कधी न कधी तरी मागे पडतात. पायथॅगोरसचे अनुयायी ख्रिस्तपूर्व काळात असे मानीत होते की पृथ्वी सूर्या भोवती न फिरता एका मध्यवर्ती अग्नीभोवती फिरते. मग हा अग्नी दिसत का नाही असे विचारल्यास त्यांचे उत्तर असे की पृथ्वी आणि अग्नीच्या दरम्यान एक 'प्रतिपृथ्वी' पण फिरते जी नेहमी या अग्नीच्या आड येते व म्हणून अग्नी दिसत नाही ! अर्थात आक्षेप घेणाऱ्यांनी पुढे विचारले “ ती प्रतिपृथ्वी का दिसत नाही ?” याला त्यांचे उत्तर असे की प्रतिपृथ्वी ज्या दिशेला आहे त्याच्या उलट बाजूला पृथ्वीवर आपला देश (ग्रीस) आहे. अर्थात हा सिध्दांत अशा आक्षेपांच्या माऱ्यातून फार वेळ पळवाटा काढू शकला नाही; आणि कालांतराने बाद झाला .

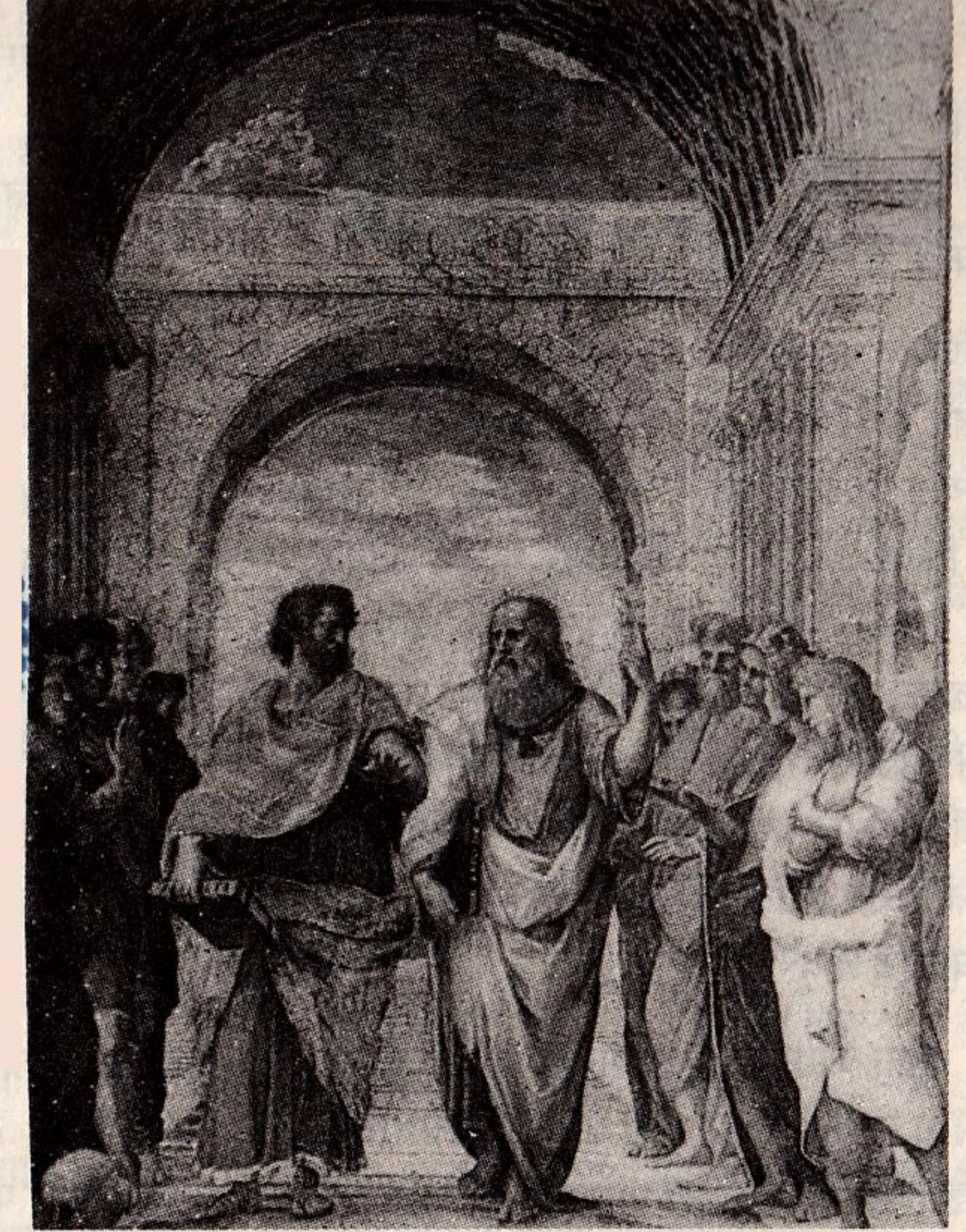
चुकीच्या वैज्ञानिक सिध्दांताबद्दल असे म्हणता येईल की पुराव्यांना सामोरे जाताना त्याला अवघड जाते, त्यांत बदल करावे लागतात, पळवाटा शोधायच्या लागतात आणि अखेर तो सिध्दांत बाद होतो.

### अॅरिस्टॉटल ते न्यूटन

ग्रीक तत्ववेत्ता अॅरिस्टॉटल बाबतीत असेच झाले. ईसवी पूर्व ३८४ - ३२२ च्या काळात प्लेटोचा शिष्य आणि अलेक्झांडर द ग्रेटचा गुरू अॅरिस्टॉटल याने सृष्टीच्या व्यापारांबद्दल काही मूलभूत कल्पना मांडल्या. त्या पुढे अनेक शतके स्वीकारल्या गेल्या आणि त्यांची वैज्ञानिक तपासणी न झाल्याने त्यांना रूढींचे स्वरूप प्राप्त झाले. एक उदाहरण पाहू.

अॅरिस्टॉटल ने गतीचे नियम आखताना दोन प्रकार मांडले : स्वाभाविक गती आणि जबर्दस्तीची गती. आकाशातल्या तारका पूर्वे पासून पश्चिमेकडे गोलाकार कक्षांतून जाताना दिसतात. त्यांचे उदाहरण डोळ्यासमोर ठेवून अॅरिस्टॉटल ने स्वाभाविक गती

गोलाकार कक्षात असते असे प्रतिपादन केले. त्याउलट बाहेरून एखाद्या बळाचा वापर झाल्यास गोलाकार कक्षा रहात नाही. अशा गतीला त्याने जबर्दस्तीची गती म्हटले .



चित्र क्र. १ : अॅरिस्टॉटल आणि प्लेटो चर्चा करीत असताना

गोलाकार कक्षांबद्दल अॅरिस्टॉटलचे आकर्षण त्यांच्या सुबकतेमुळे होते. गोल वृत्ताचा कुठला ही भाग सरकवत इतर कुठल्याही भागावर चपखल बसतो. तसे इतर वाकड्या रेषांचे नाही. (सरळ रेषेतही हा गुण आहे, पण सरळ रेषा अनंत व्यासाचे वृत्त म्हणून समजली गेल्यास अॅरिस्टॉटलच्या चौकटीत बसते.)

परंतु अनेक शतकांच्या निरीक्षणातून असे आढळले की काही तारकांचे मार्ग गोलाकार नसून त्यांत गाठी आणि मागेपुढे होण्याचे गुण दिसतात. असे अनियमित चालणारे ग्रह म्हणून ओळखले गेले. ग्रीक शब्द 'प्लॅनेट' चा अर्थ 'भटक्या' असा आहे. हे नाव निवडून ग्रीकांनी ग्रहांची अनियमित भटकंती दर्शवली. पण प्रश्न असा उपस्थित



झाला की ग्रह अरिस्टॉटलच्या गोलाकार कक्षांचा नियम का मोडतात ?

अर्थातच अरिस्टॉटलच्या समर्थकांनी त्याचा नियम ग्रहांना देखील लागू होतो असा ठाम विचार मांडला. पृथ्वी भोवती ग्रह गोलाकार कक्षेत फिरत नाही : पण त्याची कक्षा दोन वा अधिक वृत्तांची बनलेली असते. उदाहरणार्थ पृथ्वी भोवती एक वृत्त ; त्या वृत्तावर फिरणाऱ्या एका बिंदूला केंद्र मानून त्याभोवती फिरणारे दुसरे वृत्त; त्यावर फिरणाऱ्या एका बिंदू भोवती आखलेल्या वृत्तावर ग्रह फिरतो. अशा वृत्तांना ग्रीकांनी 'एपिसायकल' हे नाव दिले.

एपिसायकलचा सिध्दांत असे गृहीत धरतो की पृथ्वी ह्या ब्रह्माण्डात स्थिर असून सूर्य, ग्रह, तारे सर्व तिच्या भोवती फिरतात. पृथ्वीकेंद्रीत सिध्दांत म्हणून ही कल्पना अनेक शतके मान्यता मिळवून होती. अरिस्टॉटलचे अनुयायी असा दावा करू शकत होते की एक, दोन किंवा अधिक एपिसायकल काढून आपण कुठल्याही आकाशस्थ तारकेचे कुठल्याही रात्रीचे स्थान सांगू शकतो. हिप्पार्कस आणि टॉलेमी ह्या शास्त्रज्ञांनी ही कल्पना दृढमूल करण्यात महत्वाची कामगिरी बजावली. टॉलेमीचे पुस्तक 'सिंटॅक्सिस' हे पुढे 'अलमॅजेस्ट' ह्या नावाने अरबांनी अंगीकारले आणि त्यांत वर्तुळांच्या भूमितीय रचनांचे सविस्तर खगोलशास्त्रीय विवेचन आहे. हे पुस्तक ईसवीसनातल्या पंधराव्या शतकापर्यंत विचारवंतांवर वर्चस्व गाजवून होते. पुढे त्याला आव्हान मिळाले ते कसे हे आपण लवकरच पाहू.

जाता जाता हे ही सांगितले पाहिजे की ग्रहांच्या वाकड्या मार्गांवरून काही लोकांनी असा निष्कर्ष काढला की ग्रह हे स्वयंप्रेरित व इच्छागमनी आहेत; त्यांत विशेष शक्ती आहे जिचा प्रयोग वा परिणाम मानवांवर होतो. अशा धारणेतून 'फलज्योतिष' फोफावले. ग्रहांचा मानवी भवितव्यावर कसा परिणाम होतो ते जन्मकुंडली मांडून सांगण्याचा प्रघात पडला. आधुनिक विज्ञानाने मूळ कल्पना - ग्रहांची मनाप्रमाणे भटकण्याची प्रवृत्ती - हीच चुकीची सिध्द केली आहे. उलट ग्रह चाकोरीबद्ध कक्षांतून सूर्याच्या गुरुत्वाकर्षणामुळे फिरतात हे आता माहित झाल्याने त्यांच्यात काही 'दैवी शक्ती' असण्याची कल्पनाच निरर्थक ठरते.

निसर्गाची सर्वच रहस्ये एकदम उकलत नाहीत. आणि जोपर्यंत एखादे रहस्य उकलत नाही तो पर्यंत चमत्कारिक वाटते, अद्भुत वाटते तर कधी कधी भीतीदायक पण वाटते. अशा वेळी त्यांतून अंधश्रद्धा निर्माण होतात, आणि माणसाच्या सहज विश्वास ठेवण्याच्या प्रवृत्तीतून त्या फोफावतातही. ग्रहांच्या गतींमुळे -- त्यांचे आकलन न झाल्यामुळे -- पुराणकाली उत्पन्न झालेले फलज्योतिष फोफावत गेले आणि आजही

पुष्कळ प्रचारात दिसते. परंतु वैज्ञानिक कसोटींवर केलेल्या अनेक परीक्षांतून ते कधीच यशस्वी झाले नाही.

कुठलीही कल्पना वैज्ञानिक कसोटीतून तावून सुलाखून निघायला कधी कधी पुष्कळ वेळ लागतो. अरिस्टॉटलच्या मूलतत्वांतून उत्पन्न झालेल्या पृथ्वीकेंद्रीत सिध्दांताला हिप्पार्कस आणि टॉलेमी यांच्या पाठपुराव्यामुळे मिळालेली मान्यता कित्येक शतके टिकून राहिली आणि ती चूक आहे हे ध्यानात यायला बराच काळ गेला. ह्या संदर्भात दोन उदाहरणे उल्लेखनीय आहेत.

सॅमॉसचा अरिस्टार्कस (ख्रि. पू. ३१०-२३०) याने प्रचलित समजाच्या विरुद्ध जाण्याचे धारिष्ट्य दाखवले. त्याने असे मत मांडले की सूर्य स्थिर असून पृथ्वी त्याच्या भोवती फिरते. आता सूर्य स्थिर आहे का पृथ्वी हे कसे ठरवायचे ? कारण पुराव्याशिवाय विधान मान्य करायचे नाही हा विज्ञानाचा नियम आहे. असा पुरावा मिळवण्यासाठी अरिस्टार्कसने जो प्रयत्न केला त्याची कल्पना एका उदाहरणातून मिळेल.

आपण रस्त्याने जात असताना जर एखाद्या इमारतीकडे पहात राहिलो तर तिची आपल्यापासूनची दिशा बदलताना जाणवेल. ती इमारत जितकी जवळ असेल तितका दिशेतला बदल जास्त लक्षणीय असेल. अरिस्टार्कसच्या तर्काप्रमाणे जर पृथ्वी आपली जागा बदलत असेल तर आपल्याला ताऱ्यांच्या दिशेत बदल होताना दिसतील. आज तारा ज्या दिशेला दिसेल त्यापेक्षा वेगळ्या दिशेला सहामहिन्यांनी दिसेल ... कारण त्या काळात पृथ्वी आजच्या जागे पासून सर्वात दूर गेली असणार.

प्रत्यक्षात मात्र हा बदल दिसून आला नाही आणि अरिस्टार्कसचा तर्क चुकीचा ठरवण्यात आला. वास्तवात परिस्थिती वेगळी होती. ताऱ्यांची आपल्यापासूनची अंतरे अरिस्टार्कसच्या अपेक्षेपेक्षा पुष्कळ जास्त आहेत. त्यामुळे त्यांच्या दिशेत दिसणारे फरक अतिसूक्ष्म असतात आणि ते मापण्याची क्षमता अरिस्टार्कसकालीन खगोलशास्त्रात नव्हती. ते फरक अठराव्या शतकात मोजता येणे शक्य झाले. एखादी अचूक कल्पना अक्षम वेधांमुळे चुकीची ठरण्याचे प्रसंग विज्ञानात वेळोवेळी येतात त्याचे हे एक उदाहरण !

दुसरे उदाहरण आहे भारतातील आर्यभटाचे. पाचव्या शतकातील हा गणिती आणि खगोलशास्त्रज्ञ खालील श्लोकात बरेच काही सांगू गेलाय :

अनुलोमगतिर्नैस्थः पश्यत्यचलं विलोमगं यद्वत् ।

अचलानि भानि तद्वत् समपश्चिमगानि लंकायाम् ॥

- आर्यभटीय, अ. ४, श्लो. ९



याचा अर्थ : नौकेतून जाणाऱ्याला ज्याप्रमाणे (नदी किनाऱ्यावरील ) अचल वस्तू उलट्या दिशेने जाताना दिसतात त्याचप्रमाणे अचल तारका पृथ्वीवरून पाहता पश्चिमेकडे जाताना दिसतात.

पृथ्वी स्थिर असून अखेरे नभोमंडळ पूर्वे पासून पश्चिमेकडे फिरते अशी ग्रीकांची कल्पना त्यावेळी भारतातही रूढ होती. अशा पार्श्वभूमीवर आर्यभटाचे वरील विधान त्याच्या वैचारिक परिपक्वतेचा एक नमुना म्हटले पाहिजे. दुर्दैवाने हे विधान दुर्लक्षित राहिले किंवा आर्यभटानंतरच्या विचारकांनी त्याचा वेगळा (रूढीसंमत) अर्थ लावायचा प्रयत्न केला.

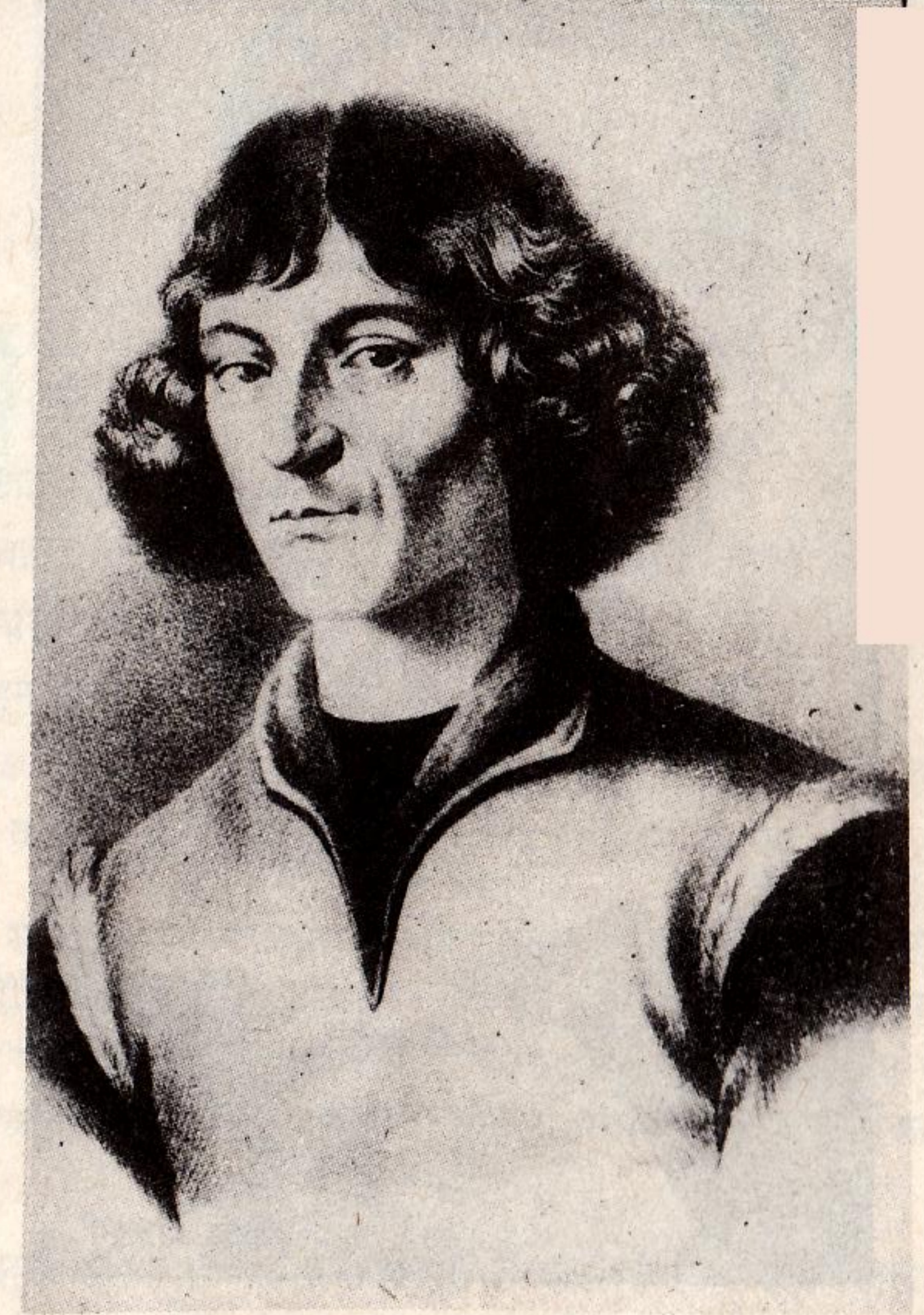
सर हरमन बॉण्डी ह्या प्रख्यात खगोलशास्त्रज्ञाने म्हटले आहे की एखाद्या वैज्ञानिक कल्पनेला शंभर टक्के यश मिळाले असे तेव्हा म्हणता येते जेव्हा ती सर्व मान्य होते. जर त्या कल्पनेला जोरदार विरोध झाला तरी तिचे यश पन्नास टक्के म्हणावे, कारण विज्ञानाच्या प्रगतीला वादविवादही हातभार लावतात. मात्र जर तो सिध्दांत वा कल्पना पूर्णपणे उपेक्षित राहिली तर तिचे यश शून्य टक्केच !

आर्यभटाला शून्य टक्के यश भारतीय समाजाने दिले तर त्यानंतर अकरा शतकांनी कोपर्निकसला युरोपात पन्नास टक्के यश मिळाले ! १४७३ मध्ये जन्मलेला हा पोलंडचा शास्त्रज्ञ पुष्कळ विचारांती ह्या निष्कर्षाप्रत पोचला की पृथ्वी आपल्या आसाभोवती फिरतेच पण शिवाय इतर ग्रहांबरोबर सूर्याची परिक्रमा पण करते. 'द रिव्होल्यूशनिस ऑर्बियम सेलेस्टियम' ह्या आपल्या मोठ्या ग्रंथात त्याने हा 'सूर्यकेंद्रित सिध्दांत' मांडला. हा सिध्दांत अर्थातच धर्ममार्तडांना मान्य नव्हता कारण त्यात आणि धार्मिक (पृथ्वीला महत्व देणाऱ्या) विचारसरणीत परस्परविरोध होता. कोपर्निकसच्या पुस्तकाची प्रस्तावनाच बदलण्यात आली आणि त्यातील परखड विधाने बदलून गुळमुळीत विधाने घालण्यात आली ! पुस्तक प्रसिध्द झाले तेव्हा कोपर्निकस मृत्युशय्येवर होता. आपल्या विधानांचा केलेला प्रस्तावनेतील विपर्यास पाहून त्याचे मरण आणखी जवळ ओढवले असल्यास नवल नाही.

परंतु मूळ पुस्तक मात्र शाबूत राहिले आणि जरी कोपर्निकस हयात नव्हता तरी त्याचा प्रचार हळू हळू होऊ लागला. दोन मोठ्या वैज्ञानिकांनी त्याचा पाठपुरावा केल्यामुळे सतराव्या शतकाच्या उत्तरार्धात कोपर्निकसच्या सूर्यकेंद्रित सिध्दांताला मान्यता मिळाली. हे दोन वैज्ञानिक म्हणजे केप्लर आणि गॅलिलिओ.

त्यापैकी केप्लर हा टायको ब्राहे ह्या प्रसिध्द खगोलविदाचा सहकारी म्हणून ह्या क्षेत्रात शिरला. टायकोला समाजात प्रतिष्ठा प्राप्त होती आणि त्याची युरानिबोर्ग

(डेनमार्क) मधील वेधशाला भव्य आणि सुसज्जित होती. परंतु कोपर्निकसचा सिध्दांत त्याला मान्य नव्हता. तो चुकीचा ठरेल अशा अपेक्षेने त्याने ग्रहांच्या पुष्कळ नोंदी करून ठेवल्या होत्या. त्यांचे पृथक्करण करून आपण आपला समज सिध्द करू असा त्याला आत्मविश्वास होता. परंतु अकाली आलेल्या मरणाने तो ह्या प्रश्नाचा छडा लावू शकला नाही. मरताना त्याने केप्लरवर ती जबाबदारी सोपवली. कोपर्निकसचे म्हणणे चुकीचे हे सिध्द करण्याचे ध्येय ठेवून केप्लर कामाला लागला.



चित्र क्र. २ : निकोलस कोपर्निकस

पंचवीस वर्षे सतत कार्यरत राहून केप्लरने अखेर यश मिळवले. त्याने कोपर्निकसची चूक दाखवली, पण ज्या अर्थाने टायकोला अपेक्षित होती त्या अर्थाने नव्हे ! पृथ्वीसकट सर्व ग्रह सूर्याभोवती फिरतात हे कोपर्निकसचे म्हणणे केप्लरनेही उचलून धरले. परंतु कोपर्निकसने ग्रीकांची एपिसायकल पध्दती वापरली होती ती

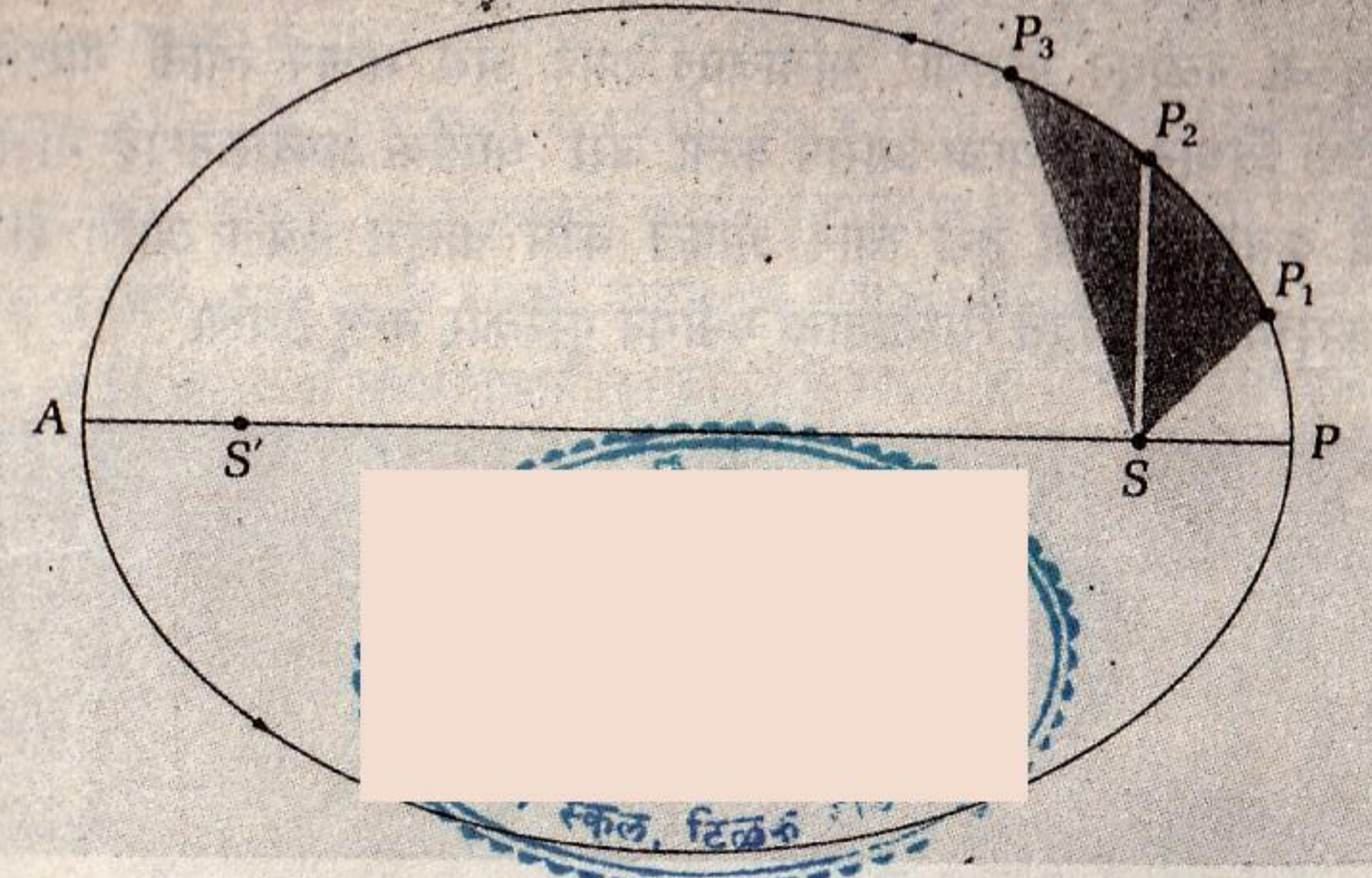


चुकीची हे केप्लर ने दाखवून दिले. फार काय अॅरिस्टॉटलने महत्व दिलेल्या - ग्रहांच्या गतीत वर्तुळे असतात ह्या विधानाला त्याने खोडून काढले. ग्रह कसे फिरतात हे दाखवताना त्यांच्या कक्षा सोप्या पण लंबगोलाकार असतात हे केप्लरने सप्रमाण सिध्द केले. ग्रहांच्या फिरण्याचे तीन नियम त्याने शोधून त्याप्रमाणेच ग्रह फिरतात हे पण सिध्द केले.



चित्र क्र. ३ : योहान केप्लर

केप्लरचा समकालीन गॅलिलिओ हा प्रायोगिक विज्ञानाचा आद्य प्रणेता म्हटल्यास वावगे ठरणार नाही. अॅरिस्टॉटल पासून विचारवंतांची वादविवादाची पध्दत केवळ बोलण्यावर अवलंबून असे. वस्तुस्थिती ( जिच्या बदल हे विवाद चालत) काय आहे हे प्रत्यक्ष पहायची तसदी कोणी घेतली नाही. गॅलिलिओने प्रयोगकरून सप्रमाण विधाने करून अॅरिस्टॉटलच्या समर्थकांना मोठा हादरा दिला. खाली पडणाऱ्या छोट्या



चित्र क्र. ४ : केप्लरच्या पहिल्या नियमाप्रमाणे ग्रह एका लंबगोलाकार कक्षेत फिरतो. सूर्य S हा लंबगोलाच्या नाभिस्थानापैकी एक आणि AP हा लंबगोलाचा मोठा व्यास.

केप्लरचा दुसरा नियम : ग्रह अशा तऱ्हेने फिरतो की त्याला S शी जोडणारी रेषा स्थिर वेगाने क्षेत्रफळ आखते. चित्रात ग्रह P, P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub> ---- इत्यादी स्थानांतून जातांना हा नियम पाळतो.

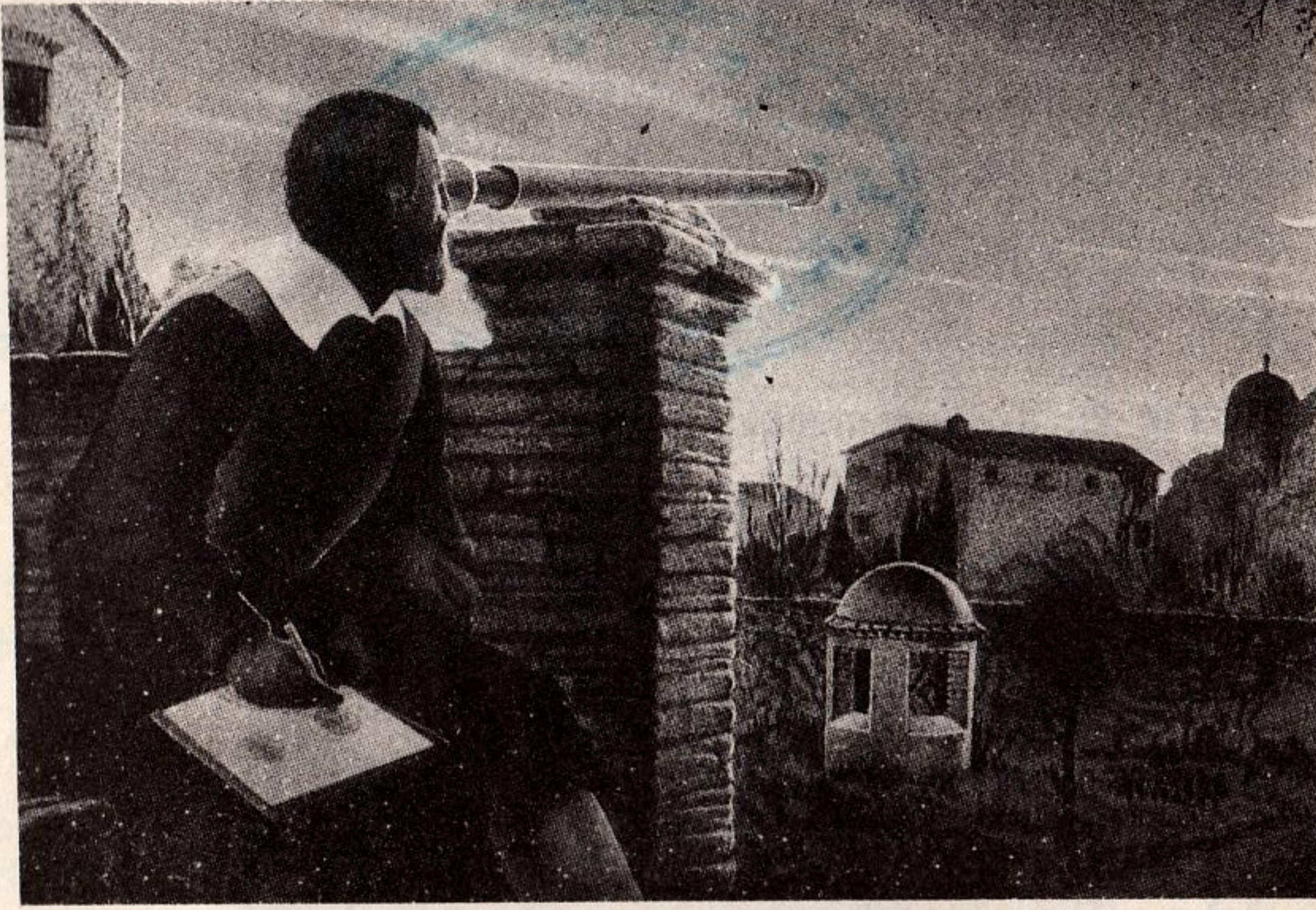
केप्लरचा तिसरा नियम : ग्रहाला एक चक्कर पूर्ण करायला लागणाऱ्या वेळेचा वर्ग AP च्या तिसऱ्या घाताच्या प्रमाणात असतो.

मोठ्या वस्तू समान वेगाने पडतात हे त्याने पीसाच्या कलत्या मनोऱ्यावरून वस्तू टाकून दाखवले. (अॅरिस्टॉटलच्या समर्थकांचा दावा होता की जास्त वजनाच्या वस्तू अधिक वेगाने खाली पडतात.) 'दोन विश्वपध्दतींवर संभाषण' अशा शीर्षकाच्या पुस्तकात त्याने अॅरिस्टॉटलच्या मतांचा भरपूर समाचार घेतला. त्यांत त्याने कोपर्निकसचे समर्थनही केले.

'हा सूर्य आणि हा जयद्रथ' अशा विचारसरणीनेच झपाटलेला हा वैज्ञानिक दुर्बिणीचे खगोलशास्त्रातील वेधांसाठी महत्व ओळखून त्यांचा वापर करू लागला. विश्वात डोळ्यांना न दिसणाऱ्या पण दुर्बिणीतून दिसू शकणाऱ्या वस्तू पण आहेत हे त्याला आढळून आले. चंद्रावरची खोल विवरे, सूर्यावरचे काळे डाग आणि गुरुचे चंद्र ह्या गोष्टी त्यांत मोडतात. पैकी पहिल्या दोन गोष्टी आकाशस्थ वस्तूत 'दोष' आहेत हे दर्शवत असल्याने (चंद्र खडबडीत तर सूर्य डागाळलेला) सृष्टी देवाने दोषविरहित रचली हे मानणारे लोक अस्वस्थ झाले, संतापले. 'प्रत्यक्ष पाहून खात्री करून घ्या'



गॅलिलिओच्या दुर्बिणीतून बघण्याच्या ह्या आव्हानाला धर्ममार्तडांनी प्रतिसाद दिला नाही. ह्या जादूच्या नळीतून दिसणारे मायाजाल आहे असे म्हणून त्यांनी गॅलिलिओवर धर्मविरोधी विधाने करण्याचा आरोप केला. जरी धार्मिक अध्यासनापुढे गॅलिलिओने 'चुकांची कबुली' दिली तरी त्याने आपले काम चालूच ठेवले आणि शेवटपर्यंत कोपर्निकसच्या सूर्यकेंद्रित सिध्दांताचा मनोमन पुरस्कार चालू ठेवला.



चित्र क्र. ५ : दुर्बिणीतून पाहणारा गॅलिलिओ

वास्तविक सूर्य फिरतो का पृथ्वी हा मुद्दा गौण आहे. पृथ्वीवर राहणाऱ्यांना पृथ्वी स्थिर आहे असे वाटणे साहजिक आहे. परंतु 'सर्व ग्रह सूर्याभोवती फिरतात' आणि 'सर्व ग्रह पृथ्वीभोवती फिरतात' ह्या विधानांत फरक आहे. सूर्य सर्व ग्रहकक्षांच्या नाभिस्थानी आहे हे केप्लरने दाखवल्यावर प्रश्न साहजिकच उद्भवतो की असे का ? विज्ञानाच्या प्रगतीच्या टप्प्यात प्रथम वेध मग आकृतिबंध आणि मग आकृतिबंधाचे कारण असे एका पाठोपाठ टप्पे असतात. 'असे का ?' ह्या प्रश्नाचे उत्तर अखेर न्यूटनने दिले.

ज्यावर्षी गॅलिलिओ मरण पावला त्याच वर्षी (सन् - १६४२) न्यूटनचा जन्म झाला. गॅलिलिओने घातलेल्या पायावर न्यूटनने विज्ञानाची डौलदार इमारत उभारली. मुख्य म्हणजे वैज्ञानिक नियमांच्या आधारे, गणिताचा वापर करून सृष्टीच्या व्यापाराची कारणमीमांसा करता येते हे न्यूटनने दाखवून दिले. न्यूटनच्या अनेक महत्वाच्या

कामगिरीपैकी ग्रहांच्या गतीची त्याने केलेली कारणमीमांसा आपण पाहू.

ग्रह आपल्या कक्षांतून कसे फिरतात याबद्दलचे केप्लरचे नियम आपण पाहिले. ग्रह अशा तऱ्हेने का फिरतात याची कारणमीमांसा करताना न्यूटनला गुरुत्वाकर्षणाच्या सिध्दांताचा शोध लागला. वक्रगोलाकार कक्षांमधून फिरताना ग्रहांची गती सतत बदलत असते याचा अर्थ त्यांत त्वरण असते. न्यूटनच्या गतीच्या सिध्दांता प्रमाणे त्वरण बळा मुळे होते. आणि बळाच्या समप्रमाणात त्याच दिशेने असते. हा सिध्दांत वापरून न्यूटनने असा निष्कर्ष काढला की प्रत्येक ग्रहावर बळ सूर्याच्या दिशेने असते. आणि त्याची तीव्रता ग्रह-सूर्या दरम्यानच्या अंतराच्या वर्गाच्या व्यस्त प्रमाणात असते. हे बळ कुठून येते ? हा प्रश्न साहजिकच उद्भवतो.



चित्र क्र. ६ : सफरचंदाची ही घटना घडल्याचा पुरावा नाही. न्यूटनला गुरुत्वाकर्षणाचा सिध्दांत सुचायला खगोलवेधच प्रेरक ठरले.



न्यूटनला त्याचे उत्तर गुरुत्वाकर्षणाच्या सिध्दांतात सापडले. त्याने हा सिध्दांत खगोलशास्त्रीय निरीक्षणांमुळे काढला. प्रचलित गोष्टीत असे सांगतात की १६६५ साली प्लेग मुळे केंब्रिज सोडून आपल्या वुल्स्थॉर्प खेड्यात रहायला गेलेल्या न्यूटनला डोक्यावर सफरचंद पडल्याने गुरुत्वाकर्षणाचा साक्षात्कार झाला. सफरचंद पडते कारण पृथ्वी त्याला आकर्षित करते. जो नियम पृथ्वी व सफरचंदाला लागू होतो तोच ग्रह सूर्यांना देखील. न्यूटनचा गुरुत्वाकर्षणाचा नियम सर्व व्यापी आहे. . . कुठल्याही दोन वस्तू परस्परांना आकर्षित करतात. हे आकर्षणाचे बळ अंतराच्या वर्गाच्या व्यस्त प्रमाणात तर आकर्षण करणाऱ्या वस्तूंच्या वस्तुमानाच्या समप्रमाणात असते. सफरचंदाची गोष्ट रोचक असली तरी तिला पुरावा नाही. न्यूटनने १६८६ च्या सुमारास 'प्रिंकिपिया' हा ग्रंथ तीन खंडात प्रसिध्द करून त्यांत खगोलशास्त्रीय विवेचन करून हा सिध्दांत मांडला. पृथ्वी भोवती चंद्राचे फिरणे तसेच सूर्याभोवती ग्रहांचे फिरणे कसे होते हे गणित मांडून त्याने दाखवले व त्यासाठी कलनशास्त्र हा गणिताचा नवा भाग न्यूटनने शोधून काढला आणि वापरला.

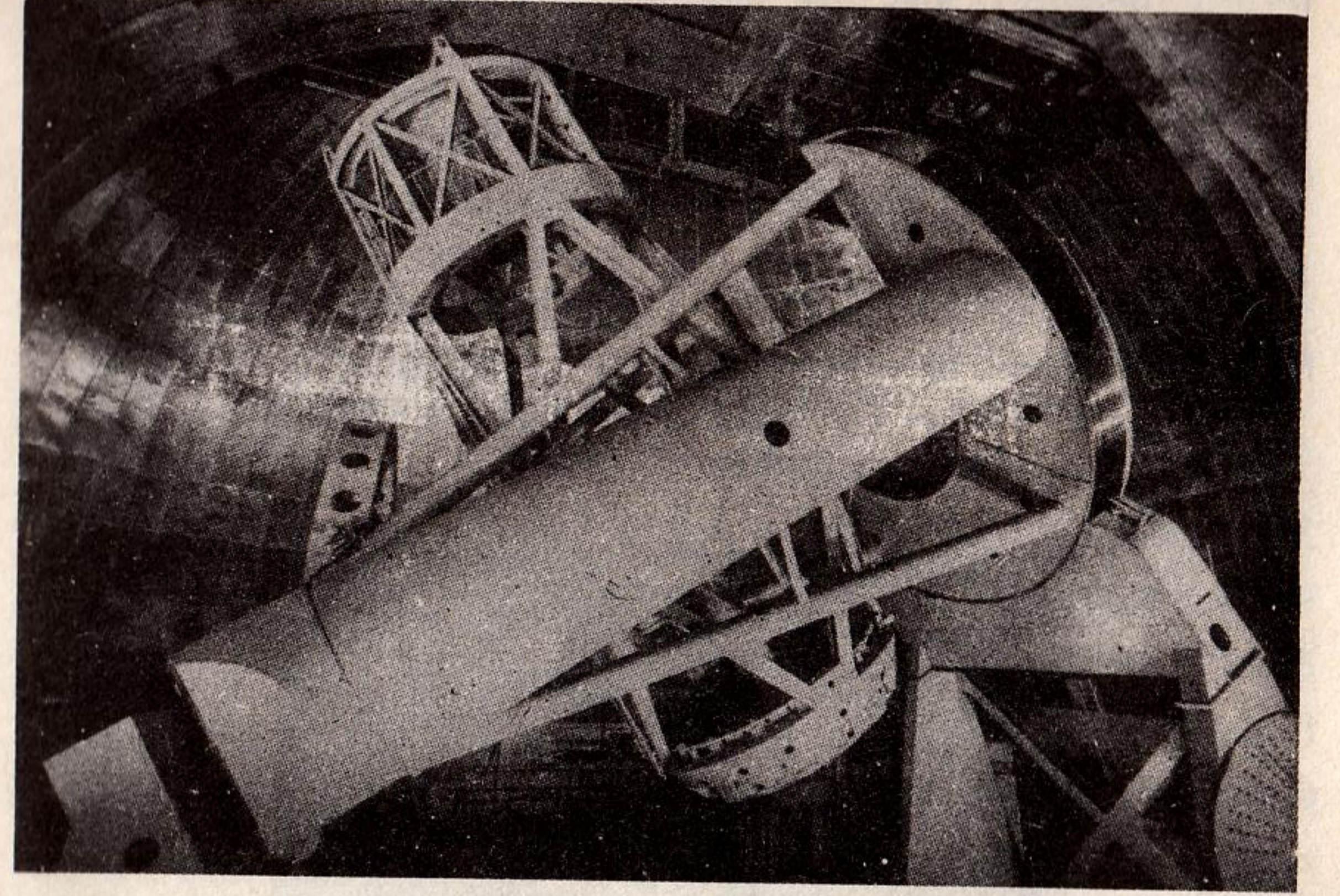
अशा तऱ्हेने न्यूटनने खगोलशास्त्राचा एक महत्वाचा प्रश्न विज्ञानाच्या चौकटीत सोडवून त्या विषयाचा वैज्ञानिक पाया घातला. विज्ञानाचे नियम केवळ पृथ्वीवरील निसर्गाला किंवा तेथील प्रयोगशाळेलाच लागू होतात असे नाही. -- त्यांचा व्याप पृथ्वी बाहेर पसरलेल्या अफाट विश्वात आहे हे न्यूटन पासून आपण शिकलो.

### आकाशगंगेच्या आंत आणि बाहेर

सतराव्या शतकापासून आधुनिक काळापर्यंत खगोलशास्त्राचा जो विकास झाला त्याला वेधांनी आणि वैज्ञानिक सिध्दांतांनी मिळून हातभार लावला आहे. गॅलिलिओने दुर्बिणींचे महत्व ओळखले. न्यूटननेही दुर्बिणीचे एक वेगळे मॉडेल बनवले होते. वक्रगोल आरसे आणि भिंगे वापरून दूरचा प्रकाश एकत्र केंद्रित केला की पुसट दिसणाऱ्या तारकांची बिंबे स्पष्ट उमटतात. तंत्रज्ञानाच्या विकासाबरोबर नव्या सुविधांचा फायदा दुर्बिणींना मिळत गेला. आज चार ते आठ मीटर व्यासाची दुर्बिणी ( हा प्रकाश ग्रहण करणाऱ्या वक्रगोल आरशाचा व्यास ) इलेक्ट्रॉनिक उपकरणे वापरून खूप कार्यक्षम झाली आहे. संगणकाचा उपयोग भरपूर होतो आणि त्यामुळे आजची वेध पध्दती बरीचशी यांत्रिक झाली आहे.

प्रकाशाच्या वेगवेगळ्या लांबीच्या लहरी निरनिराळ्या रूपाने प्रकट होतात. (तक्ता - १ पहा) त्यापैकी केवळ दृश्य आणि रेडिओ लहरी आणि काही मोजक्या इन्फ्रारेड लहरीच बाहेरून पृथ्वीतळापर्यंत पोचू शकतात. बाकीच्या लहरी पृथ्वी

भोवतालच्या वायुमंडलात शोषल्या जातात. म्हणून केवळ पहिल्या प्रकारच्या लहरींच्याच दुर्बिणी पृथ्वीतलावर असू शकतात. पैकी रेडिओ दुर्बिणींना दुसऱ्या महायुद्धानंतर चालना मिळाली.



चित्र क्र. ७ : माउंट पॅलोमारवरील पाचमीटर व्यासाची दुर्बिणी

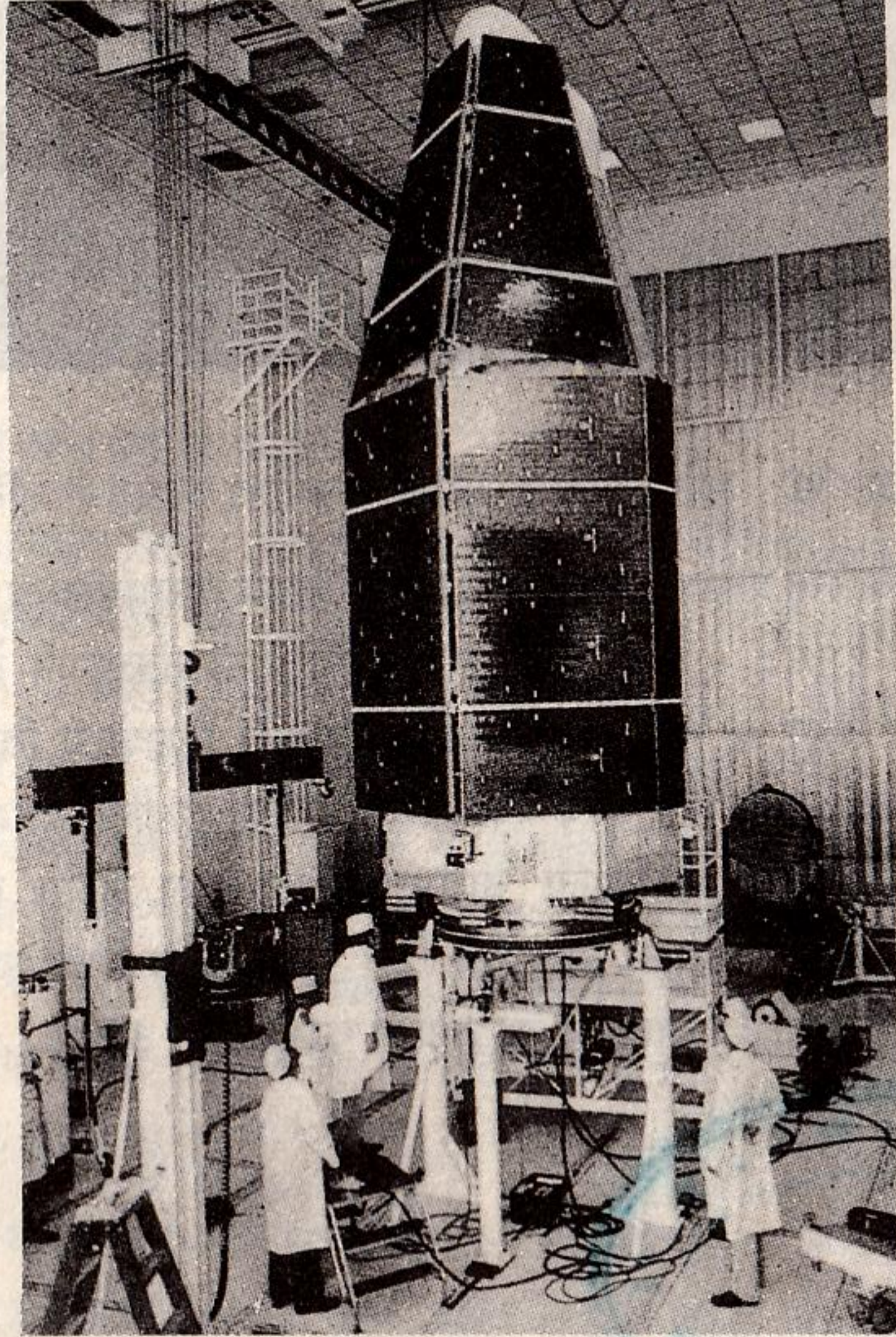
दुसऱ्या प्रकारचा प्रकाश ग्रहण करण्यासाठी आपण वायुमंडलावर दुर्बिणी उभारणे आवश्यक आहे. १९६० - ७० च्या दशकात अंतराळ तंत्रज्ञानाने हे शक्य केले. उपग्रहावर दुर्बिणी ठेवून क्ष, गॅमा, अल्ट्रावायोलेट इत्यादी प्रकाशानी विश्वाच्या रूपावर नवा प्रकाश टाकला. आता खुद्द दृश्य प्रकाशाच्या दुर्बिणी देखील अंतराळात वेध घेत आहेत. कारण अंतराळात प्रकाशाला वायुमंडलातील कंपन, शोषण, इत्यादीला तोंड द्यावे लागत नाही आणि त्यामुळे तारकांची बिंबे स्पष्ट आणि स्थिर उमटतात. हबल, हिर्षाकॉस आदि दुर्बिणी ह्या अंतराळ तंत्रज्ञानाचा फायदा घेत आहेत.



तक्ता : १ प्रकाशाची रूपे

प्रकार	लहरींची लांबी
रेडीओ	१० से.मी. हून जास्त
मायक्रोवेव्ह	३०० मायक्रोमीटर - १० से.मी.
इन्फ्रारेड	८०० नॅनो मीटर - ३०० मायक्रोमीटर
दृश्य	४०० - ८०० नॅनोमीटर
अल्ट्रावायोलेट	३०० पीको मीटर - ४०० नॅनो मीटर
क्ष	३ - ३०० पीकोमीटर
गॅमा	३ पीको मीटर हून कमी

टीप : १००० पीकोमीटर = नॅनोमीटर; १००० नॅनोमीटर = १ मायक्रोमीटर;  
१००० मायक्रोमीटर = १ मिलीमीटर



चित्र क्र. ८ : आइनस्टाइन वेधशाळा : क्ष किरणांची उपग्रहावर ठेवलेली दुर्बीण

न्यूटनने दाखवल्यानुसार खगोलीय वेधांचा अर्थ लावायला वैज्ञानिक सिध्दांत उपयोगी पडतात. गेल्या तीन शतकात सैध्दांतिक विज्ञानाच्या प्रगतीचा फायदा खगोलशास्त्राला मिळाला आहे. शिवाय विश्वाच्या काना कोपऱ्यात हे सिध्दांत लागू होतात ही पण एक आत्मविश्वास वाढवणारी बाब आहे. चिमुकल्या पृथ्वीच्या प्रयोगशाळेत माहित झालेले सिध्दांत अफाट पसरलेल्या विश्वाला लागू व्हावेत ही वास्तविक आश्चर्याची गोष्ट आहे. आइन्स्टाइनने ह्यावर एके ठिकाणी म्हटले आहे : "विश्वाचे आकलन आपल्याला होते ही विश्वाबद्दलची सर्वात अनाकलनीय बाब आहे."

असे हे अफाट विश्व आहे तरी कसे ? गेल्या तीन शतकात हळू हळू - अनेक चुकांसकट - जुळवलेले विश्वाचे चित्र थोडक्यात असे आहे. ह्या चित्राची सुरवात आपण ताऱ्यांपासून करू या.

काही थोडे ग्रह सोडले तर रात्री आकाशात चकाकणाऱ्या तारका म्हणजे तारे होत. प्रत्येक तारा सूर्याप्रमाणे स्वयंप्रकाशित तप्त गोळा असतो. सूर्याचे पृष्ठभागाचे तपमान सुमारे  $5500^{\circ}$  सेल्सियस तर अंतरंगात ते वाढत जात जवळ जवळ सव्वाकोटी पर्यंत पोचते. सूर्यातून निघणाऱ्या प्रकाशाचा, ऊर्जेचा उगम त्याच्या केंद्रीय गाभ्यात आहे. कोटी अंश तपमानाच्या ह्या परिसरात अणुगर्भाची प्रक्रिया घडून येते, त्यांत हायड्रोजन चे अणुगर्भ जोडून हिलियमचा अणुगर्भ तयार होतो. ही न्यूक्लियर फ्यूजनची प्रक्रिया घडून ऊर्जा निर्मिती होते. हीच ऊर्जा प्रकाशरूपाने आपणास मिळते.

सूर्य जरी आपल्याला अतितेजस्वी वाटतो तरी तो एक मध्यम आकाराचा, मध्यम तेजाचा तारा आहे. आकाशात लहान मोठे, मंद तेजस्वी, वेगवेगळ्या रंगाचे असंख्य तारे आहेत. त्यातील काही सातशे तारे आपण आपल्या डोळ्याने पाहू शकतो. दुर्बिणीचा वापर करून अर्थातच ही संख्या वाढवता येते.

विलियम हर्शेल याने टेलिस्कोप रचनेत बराच मोठा पल्ला गाठून ४८ इंच व्यासाची दुर्बीण बनवली. त्या दुर्बिणीचा फायदा घेऊन त्याने ताऱ्यांचा बराच अभ्यास केला. बरेच तारे युगलबंदी करतात --- एकमेकाभोवती गिरक्या घेतात हे त्याने दाखवले. त्याचा मुलगा जॉन हर्शेलपण प्रख्यात खगोलशास्त्रज्ञ झाला.

दोघांच्या वेधांतून आपल्या आकाशगंगेचे प्राथमिक स्वरूप डोळ्यापुढे आले. आकाशात धूसर असा दिसणारा दुधाळ पट्टा म्हणजेच आकाशगंगा. वास्तविक हा एक ताऱ्यांचा प्रचंड समूह आहे. हर्शेल यांच्या चित्राप्रमाणे आकाशगंगेच्या केंद्रस्थानी आपली सूर्यमाला आहे. परंतु आधुनिक चित्र वेगळेच आहे. हे कसे दिसते ?



आकाशगंगेचा आकार एका चपट्या तबकडी सारखा असून तिच्या मध्यावर थोडा फुगट भाग आहे. तबकडीचा व्यास एक लक्ष प्रकाश वर्षे आहे. म्हणजे व्यासाच्या एका टोका पासून दुसऱ्या टोकापर्यंत जायला प्रकाशाला एक लाख वर्षे लागतात. आपली सूर्यमाला केंद्रापासून तीस हजार प्रकाश वर्षावर केंद्राभोवती घिरट्या घालते. त्या एका चकरेला सुमारे पंचवीस कोटी वर्षे लागतात ! आणि ह्या व्यापात जवळ जवळ दोनशे अब्ज तारे समाविष्ट आहेत.



चित्र क्र. १ : आकाशगंगेचे रूप वरील चित्राद्वारे स्पष्ट होते.

दोनशे अब्ज ही संख्या किती मोठी आहे त्याची कल्पना ह्या गणिताने येईल. आपण ती मोजायचे म्हटले तर सेकंदाला दहा ह्या वेगाने सतत मोजत राहिलो तर दोनशे अब्जा पर्यंत पोचायला सुमारे सातशे वर्षे लागतील ! अर्थात खगोलशास्त्रज्ञ तारे मोजत बसत नाही तर त्यांच्या संख्येचा अंदाज त्यांच्या गुरुत्वाकर्षणाने लावतो. उदाहरणार्थ, जर आपण न्युटनचा सिध्दांत वापरला तर लहानसे गणित मांडून आपल्याला कळते की ज्या प्रमाणे पृथ्वी सूर्याच्या गुरुत्वाकर्षणात गोलाकार कक्षेत ( जवळ जवळ गोलाकार ! ) फिरते तसेच सूर्यमाला आकाशगंगेच्या गुरुत्वाकर्षणात फिरते व तीस हजार प्रकाश वर्षावर पंचवीस कोटी वर्षात तिला फिरवणारे वस्तुमान दीडशे अब्जसूर्यांचे आहे.

ताऱ्यांव्यतिरिक्त आकाशगंगेत काय आहे ? दोन प्रमुख घटक आहेत : वायू आणि धूलिकण. पैकी वायूचे विस्तीर्ण मेघ आकाशगंगेत इतस्ततः पसरलेले दिसतात.

अशा वायुमेघांतून ठिकठिकाणी वायूचे आकुंचन ( त्याच्या गुरुत्वाकर्षणा मुळे ) होते आणि वायूचे गोळे तापू लागतात. अशा तप्त गोळ्यातून इन्फ्रारेड किरणे निघतात. अखेर ह्या तप्त गोळ्यांची केंद्रे सूर्याप्रमाणे अणुऊर्जा निर्मिती करू लागतात. अशा वेळी त्यांना 'तारे' म्हणायला हरकत नाही. हे चित्र गेल्या वीस वर्षात स्पष्ट झाले आहे. ओरायन (मृग) नक्षत्रातील वायुमेघात अशा नवजात ताऱ्यांचे अस्तित्व इन्फ्रारेड किरणांमुळे सिध्द झाले आहे.

### चौकट - १

### ताऱ्यांचे जीवन चक्र

वायुमेघात जन्मलेला तारा आपल्या जीवनाची सुरवात हायड्रोजन पासून हीलियम बनवून ऊर्जा तयार करून करतो. सूर्य सध्या हेच करतो. ऊर्जेमुळे ताऱ्याच्या गाभ्याचे तपमान कोटी ( किंवा अधिक) अंशावर टिकून असते. त्यामुळे औष्णिक आणि प्रारणाचे प्रचंड दाब ताऱ्यात तयार होतात आणि तपमानाबरोबर गाभ्यापासून पृष्ठभागापर्यंत पसरत कमी होत जातात. ह्याच दाबांमुळे सूर्याला आपले प्रचंड वजन पेलते. ( हे दाब जर एकाएकी जादूने नाहीसे झाले तर स्वतःच्याच गुरुत्वाकर्षणाखाली सूर्य निव्वळ २९ मिनिटात आखडून बिंदुवत होईल ! )

पुढे मागे हायड्रोजनचे इंधन संपले की दाब टिकवता न आल्याने गाभ्याचे आकुंचन होते आणि तपमान वाढते. ते दहा कोटी वर गेले की एक वेगळे इंधन ताऱ्याला लाभते. . . हीलियमचे तीन न्यूक्लियस जोडून कार्बन बनतो आणि परत ऊर्जा आणि दाब निर्मिती होते. ह्या वेळी दाबांमुळे तारा फुगून राक्षसीरूप धारण करतो. सूर्य आणखी सहा अब्ज वर्षांनी राक्षस तारा बनेल तेव्हा पृथ्वी व मंगळाला गिळून टाकेल !

राक्षस ताऱ्यात कार्बन, ऑक्सिजन, निऑन, - - -, लोखंड इथपर्यंत नवे न्यूक्लियस तयार होतात आणि त्याच बरोबर ऊर्जा निर्मिती होते. पुढे ताऱ्यांचा समतोल बिघडतो आणि त्यांत लहानमोठे छोटे छोटे स्फोट होतात किंवा एक प्रचंड स्फोट होतो.

प्रचंड स्फोटातून दाबलहरी निर्माण होतात आणि त्या वायुमेघांवर आपटून त्यांचे आकुंचन घडवतात. ह्या आकुंचनातून नवे तारे बनतात. असे हे जीवनचक्र चालू असते.





चित्र क्र. १० : रिंग नेब्युला : ही एक ग्रहाभ्रिका आहे.

तारा आपल्या जीवनकाळात शेवटी बाहेरचे भाग वायुरूपाने फेकून देतो. माफक वस्तुमानाचे (सूर्यापेक्षा सहापटीहून कमीच) तारे हे कार्य सावकाश करतात. ही गॅसची वलये ताऱ्याच्या प्रकाशात चमकतात आणि त्यांना ग्रहाभ्रिका (प्लॅनेटरी नेब्युला) म्हणतात. त्या उलट फारच मोठ्या वस्तुमानाचे तारे आपला बहिर्भाग प्रचंड स्फोटात बाहेर भिरकावतात. पूर्वी स्फोट झालेले आणि आज धुमसत असलेले हे 'सुपरनोव्हा' तारे प्रेक्षणीय असतात. त्यांचे अवशिष्ट वायुभाग रेडिओ लहरींच्या प्रक्षेपणामुळे ओळखता येतात. सन् १०५४ साली ४ जुलै रोजी एका ताऱ्याचा स्फोट पाहिल्याची चिनी खगोल शास्त्रज्ञांनी नोंद केली आहे. स्फोटानंतर तारा दिवसा दिसेल इतका चमकला व काही दिवसांनी मंद होत लुप्त झाला. आज त्याचे अवशेष 'क्रॅब नेबुला' म्हणून ओळखले जातात. १९८७ च्या फेब्रुवारीत आकाशगंगेशेजारच्या मॅजेलनच्या मेघात एका ताऱ्याचा प्रेक्षणीय स्फोट झाला.

आकाशगंगेतला वायू मुख्यत्वे हायड्रोजन असून त्याची दोन रूपे पहायला मिळतात, विद्युतभार नसलेले रूप आणि इलेक्ट्रॉन बाहेर निघाल्यामुळे धनात्मक विद्युतभार असलेले रूप. रेडिओ खगोलशास्त्राद्वारे पहिले रूप सहज गवसते. कारण हायड्रोजन अणूतला इलेक्ट्रॉन आपल्या अक्षाभोवती फिरण्याची दिशा स्वयंस्फूर्तपणे बदलून २१ सेंटीमीटर लांबीचा प्रकाशकण सोडतो. ह्या लांबीच्या प्रकाश लहरी रेडिओ

- मायक्रोवेव्हच्या सीमेवर असून योग्य त्या अँटेनाद्वारे त्या पकडता येतात. त्यांद्वारे आकाशगंगेचा नकाशाच जणू तयार करता येतो.



चित्र क्र. ११ : क्रॅबनेब्युला : ताऱ्याच्या महास्फोटाचे अवशेष

अशा नकाशाने आकाशगंगेचे रूप सर्पिल आहे हे जाणवते. स्प्रिंग प्रमाणे एकमेकाभोवती गुंडाळलेल्या भुजांमध्ये तारे आणि वायू पसरलेले आहेत. हे रूप कसे तयार झाले. याबद्दल अजून समाधानकारक खुलासा झालेला नाही. परंतु हे रूप इतर अनेक सर्पिल आकाशगंगांचेपण आहे हे माहित झाले आहे.

तारे आणि वायू यांच्या दरम्यान धूलिकणांचे अस्तित्व उशीरा ध्यानात आले. आकाशगंगेतील काळे प्रदेश कुठून आले असे विचारता पूर्वीचे खगोल शास्त्रज्ञ सांगत की तेथे ताऱ्यांचा अभाव असल्याने अंधकार आहे. वस्तुस्थिती वेगळीच आहे. धूलिकणांमुळे पलिकडचा प्रकाश शोषून घेतला जाऊन ते भाग काळे दिसतात. दृश्य प्रकाशाऐवजी इन्फ्रारेड, रेडिओ आदि लहरींचा वापर केल्यावर खरी परिस्थिती लक्षात आली. प्रत्येक पदार्थात प्रकाश शोषण्याची, इकडे तिकडे पसरवण्याची आणि पलिकडे जाऊ देण्याची प्रवृत्ती वेगवेगळ्या प्रमाणात असते आणि हे प्रमाण लहरींच्या लांबीवर अवलंबून असते. त्यामुळे प्रकाशाच्या विभिन्न लहरींच्या तीव्रतेचा तुलनात्मक अभ्यास करून त्यांचे कुठल्या धूलिकणातून आगमन होते हे सांगता येते. ग्रेफाइट, सिलिकेट इत्यादी पदार्थ धूलिकणात प्रामुख्याने असावेत असा तर्क केला जातो.





चित्र क्र. १२ : हॉस-हेड नेब्युला : घोड्यांच्या डोक्याची काळी आकृति धूलिकणांद्वारे प्रकाश शोषण झाल्यामुळे तयार झाली आहे. तेथे ताऱ्यांचा अभाव नाही.

अशी ही आकाशगंगा ! गेल्या शतकात प्रचलित मतप्रवाह असा होता की ही विश्वातली एकमेव आकाशगंगा आहे. परंतु हे मत ह्या शतकाच्या दुसऱ्या तिसऱ्या दशकात बदलू लागले. आपल्या आकाशगंगेत धूसरसे दिसणारे प्रकाशाचे पुंजके हे चमकणारे वायुमेघ नसून दूरच्या आकाशगंगा आहेत याची खगोलशास्त्रज्ञांना जाणीव झाली. असाच एक पुंजका अँड्रोमिडा (देवयानी) अभिका ह्या नावाने ओळखला जाणारी म्हणजे आपल्या शेजारची — निव्वळ २० लाख प्रकाशवर्ष अंतरावरची — एक प्रचंड आकाशगंगा आहे. मॅजेलन ह्या जगाचा प्रवास करणाऱ्या प्रवाशाने सोळाव्या शतकात पाहिलेले ढग म्हणजे बुटक्या आकाशगंगाच. चंद्र पृथ्वीभोवती फिरतो तशा त्या आपल्या आकाशगंगेभोवती फिरतात.

जसजशा दुर्बिणी दूर दूरचे पाहू शकल्या तसतसे विश्वाचे आगळेच दर्शन मानवाला घडू लागले. . . आकाशगंगांनी भरलेले. आकाशगंगांचे समूह सापडले, समूहांचे समूह सापडले शिवाय अशा प्रचंड समूहादरम्यान पोकळी पण सापडली. समूहाचा व्याप दशलक्ष प्रकाश वर्षात मोजावा तर त्यांचे समूह त्यांच्या पेक्षा पन्नासपटीने मोठे ! पोकळ्या ही तशाच. जसजसे दूरचे पहायला जावे तसतसे अर्थातच आपण त्यातल्या त्यात अधिक तेजस्वी वस्तू पाहतो. अशा काही अतितेजस्वी वस्तूंचे दर्शन

प्रथम १९६३ मध्ये झाले.

त्यांना म्हणतात क्वेसार किंवा क्वासार. एका क्वेसार मधून आकाशगंगेइतका किंवा जास्तच प्रकाश बाहेर पडतो त्या उलट क्वेसारचा व्याप आपल्या सूर्यमाले इतकाच ! याचा अर्थ ही एक अति आकुंचित वस्तू आहे. हे आकुंचन झाले गुरुत्वाकर्षणामुळे. क्वेसारचे वस्तुमान सूर्याच्या अब्जपटीने असते आणि त्यामुळे त्याचे भाग एकमेकाला आकर्षित करून जवळ येतात. आणि जवळ आल्यामुळे त्यांचे परस्पराकर्षण वाढतच जाते. ह्या प्रकाराला ' गुरुत्वीय अवपात ' म्हणतात.

क्वेसार शक्तिशाली व्हायला कारण काय ? त्यातून निघणारा प्रकाश त्याच्या प्रचंड गुरुत्वाकर्षणाचा द्योतक आहे. आणि त्या प्रचंड गुरुत्वाकर्षणाचे मूळ असावे एका महाकृष्णविवरात ! कृष्णविवर हा काय प्रकार आहे हे प्रथम थोडक्यात पाहू.

पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षणामुळे वर भिरकावलेला चेंडू परत येतो हे आपण पाहतो परंतु चंद्रावर जाणारे यान दूरवर जात राहते कारण त्याचा पृथ्वीपासून दूर जाण्याचा वेग पुष्कळ असतो. पृथ्वीतलावर एका ठराविक वेगमर्यादेच्या — सेकंदाला ११.२ कि.मी. च्या पलिकडे जाऊन फेकलेली वस्तू पृथ्वीचे गुरुत्वाकर्षण पार करून लांब जाऊ शकते. जर पृथ्वी अधिक संकुचित असती तर तिच्या पृष्ठभागावरचे आकर्षण जास्त होते आणि ही वेग मर्यादा वाढती. जर पृथ्वीचा व्यास निव्वळ पावणेदोन सेंटीमीटर असता तर ही मर्यादा प्रकाशवेगापलिकडे गेली असती ! म्हणजे प्रकाशसुद्धा तीतून दूर जाऊ शकला नसता.

याच गुणात कृष्णविवराची व्याख्या आहे. त्याचे प्रचंड गुरुत्वाकर्षण प्रकाश ही खेचून धरते आणि म्हणून ते दिसत नाही. म्हणून ते 'कृष्ण' म्हणायचे. आणि 'विवर' का ? कारण त्याच्या आसमंतात आलेली वस्तू त्याच्याकडे खेचली जाऊन त्यांत पडते... आणि परत बाहेर येऊ शकत नाही.

ताऱ्यांचे अणुइंधन संपले की ते ऊर्जेत्पादन करू शकत नाहीत. त्यांच्या गाभ्यातले दाब कमी होऊ लागतात. आणि त्यामुळे त्यांचे आकर्षणजनित आकुंचन सुरू होते. सुमारे सूर्याच्या तिप्पट वस्तुमानापेक्षा अधिक वस्तुमानाचे तारे आकुंचन होत कृष्णविवर बनत असावेत असा अंदाज आहे. असे कृष्णविवर तारायुगला पैकी एक असेल तर सापडणे सोपे कारण त्याचा जोडीदार तारा एकटाच गोलाकार कक्षेत फिरताना दिसतो. त्याहून ही अधिक दर्शनीय घटना क्ष किरणांद्वारे दिसते. कृष्णविवर आपल्या जोडीदार ताऱ्याच्या पृष्ठभागावरील वायू खेचून घेतो आणि तो वायू कृष्णविवराभोवती धिरट्या घालून शेवटी त्यांत पडतो. आणि पडण्यापूर्वी घर्षणाने गरम होऊन क्ष



किरणोत्सर्ग करतो. सिग्नस X - 1 ह्या तारायुगलाच्या चाचणीतून तेथे कृष्णविवरच क्ष-किरणोत्सर्गाला कारणीभूत असावे हा अंदाज आहे.

एकंदरीत कृष्णविवर हे आसमंतात खळबळ घडवून आणून ऊर्जा प्रक्षेपण करू शकते. क्वेसारच्या गाभ्यात प्रचंड कृष्णविवर त्याची ऊर्जा तयार करतो आणि ती क्ष, दृश्य प्रकाश, रेडिओ इत्यादी स्वरूपात आपण पाहतो असा सध्या तर्क केला जातो. क्वेसार पुष्कळ लांब असावेत . . . आज सर्वात दूरचे क्वेसार कित्येक अब्ज प्रकाश वर्षांवर आहेत असाही तर्क केला जातो.

ही अंतरे कशी मोजतात ?

### प्रसरणशील विश्व

१९२९ मध्ये एडविन हबल नावाच्या खगोलशास्त्रज्ञाने एक नवा नियम शोधून काढला त्याचा उपयोग लांबच्या आकाशगंगा, क्वेसार आदिची अंतरे मोजण्याकरता केला जातो. हा नियम असा : आपल्या आकाशगंगे बाहेरच्या एखाद्या वस्तूचा वर्णपट जर पाहिला तर त्यातील ठराविक रेषा लालरंगाकडे सरकल्या असतील आणि हे सरकणे त्या वस्तूच्या आपल्यापासूनच्या अंतराच्या समप्रमाणात असेल.

हा हबलचा नियम समजून घेण्यासाठी प्रथम वर्णपटावर लक्ष केंद्रित करू. लोलकातून जाणाऱ्या सूर्यप्रकाशाचे सात रंगात विभाजन होते. यांत लाल लहरींची लांबी सर्वात जास्त तर जांभळ्यांची सर्वात कमी . हे रंगात विभाजन म्हणजेच वर्णपट. काळजीपूर्वक पाहता ह्या वर्णपटातल्या सातरंगात काही काळ्या रेषा दिसून येतात. त्या प्रकाशशोषण रेषा. त्या रेषा आहेत तेथील प्रकाश वाटेतच शोषला गेल्याने काळसर दिसतात. हे शोषण काही ठराविक अणू करतात आणि प्रत्येक शोषक अणूच्या रेषांची लांबी ठरलेली असते. उदाहरणार्थ कॅल्शियम अणूने शोषण केल्यामुळे येणाऱ्या काळ्या रेषा ३९६.८ व ३९३.३ नॅनोमीटर वर दिसतात. (नॅनोमीटर = मीटर अब्जांश)

बाहेरच्या आकाशगंगांचे वर्णपट घेताना हबल आणि त्याचा सहकारी हमसन यांना असे दिसून आले की ह्या काळ्या रेषा ज्या ठिकाणी दिसायला पाहिजेत तिथे न दिसता लाल रंगाकडे सरकल्या आहेत. उदाहरणार्थ कॅल्शियमच्या रेषा त्यांच्या वरील ठराविक लांबीच्या लहरींवर न दिसता दहा टक्के जास्त लांबीच्या लहरींवर म्हणजे अनुक्रमे ४३६.५ व ४३२.६ नॅनोमीटर वर दिसल्यावर तो संपूर्ण वर्णपट लाल रंगाकडे सरकला असे म्हणायचे. आणि सरकण्याचे प्रमाण दहा टक्के.

आता अशी कल्पना करू की दोन आकाशगंगांचे वर्णपट क्रमशः दहा आणि

वीस टक्के सरकलेत. तर हबलच्या नियमाप्रमाणे दुसरी आकाशगंगा पहिली पेक्षा दुप्पट लांब आहे. क्वेसारच्या वर्णपटातल्या रेषा यापेक्षा पुष्कळ जास्त तीनशे चारशे टक्के इतक्या देखील सरकलेल्या दिसतात. हबलचा नियम लावला तर हे क्वेसार पहिल्या आकाशगंगेच्या तुलनेत तीस चाळीस पट लांब आहेत.

हबलच्या नियमाप्रमाणे विश्वाचे एक मोठे रहस्य दडले आहे. वर्णपट सरकण्याचे सामान्य कारण 'डॉप्लर परिणाम' हे आहे. जर प्रकाश स्रोत आपल्या पासून लांब जात असेल तर त्याचा वर्णपट लाल रंगाकडे सरकलेला दिसेल. ह्या नियमानुसार असे म्हणावे लागेल की विश्वातल्या सर्व आकाशगंगा, क्वेसार इत्यादी आपल्यापासून दूर जात आहेत आणि जितकी लांबची आकाशगंगा तितका तिचा दूर जाण्याचा वेग जास्त.

हबलच्या शोधाने विश्वरचनाशास्त्राचा पाया घातला असे म्हणता येईल. केवळ आपल्यापासून विश्वातल्या सर्व वस्तू दूर जात आहेत असे नव्हे तर सर्वच आकाशगंगा एकमेकांपासून दूर जात आहेत. याचा अर्थ संपूर्ण विश्वच प्रसरण पावत आहे असा केला जातो. एका फुग्यावर टिंबे काढून तो फुगा फुगवला तर ती टिंबे परस्परांपासून लांब जातात; तसेच प्रसरणशील विश्वातल्या आकाशगंगा एकमेकांपासून दूर जात आहेत. मात्र हे प्रसरण आकाशगंगांच्या आत होत नाही — ते त्या दरम्यानच्या भागांनाच लागू पडते.

हे प्रसरण केव्हापासून चालू आहे ? केव्हापर्यंत चालू राहिल ? अशा धर्तीचे प्रश्न सोडवण्यासाठी विश्वाची गणितीय प्रतिकृती करावी लागते. सामान्यपणे अशी प्रतिकृती आइन्स्टाइनच्या व्यापक सापेक्षवाद सिध्दांतावर रचलेली असते. १९२२-२४ च्या काळात केलेल्या रशियन शास्त्रज्ञ अलेक्झांडर फ्रीडमनच्या प्रतिकृत्या सर्वात सोप्या आणि बहुजनमान्य आहेत. त्या प्रतिकृतीतूनच महास्फोटाची कल्पना आली. एकंदर ह्या धर्तीवर रचलेल्या प्रतिकृतीचे स्वरूप असे आहे.

विश्वाची उत्पत्ती एका महास्फोटात झाली. त्यावेळी तपमान अपरिमित होते. स्फोटाने चालू झालेल्या प्रसरणामुळे तपमान घसरू लागले. विश्वाचे वय एक सेकंद असताना तपमान दहा अब्ज अंश तर ते विश्व तीन लक्ष वर्षांचे असताना तीन हजार अंशापर्यंत घसरले होते. आज ते तपमान पावणेतीन अंश आहे. हे अंश 'केल्विन' स्केल वर मोजायचे. शून्य अंश सेल्सियस म्हणजे २७३ अंश केल्विन. जोपर्यंत प्रसरण चालू आहे तोपर्यंत तपमान कमी होत राहणार .

प्रसरण कितीकाळ टिकेल ह्याबद्दल दुमत आहे. एका फ्रीडमन प्रतिकृती प्रमाणे प्रसरणाचा वेग मंदावत अखेर थांबून आकुंचनाला सुरवात होईल. तर दुसरे दोन पर्याय



विश्व सतत प्रसरण पावत अनंतात विलीन होईल असे सांगतात. ह्या दोन पर्यायात आणि पहिल्या पर्यायात एक महत्वाचा फरक आहे अवकाशातल्या भूमितीतला, तो प्रथम समजावून घेवू.

आपण राहतो ती पृथ्वी गोल आहे. जर आपण पृथ्वीतलावर एखाद्या दिशेने निघालो आणि आपला मार्ग सरळ ठेवला तर पृथ्वीला पूर्ण प्रदक्षिणाकरून निघण्याच्या ठिकाणी येऊ. असेच जर आपण अंतराळात सरळमार्गाने निघालो तर विश्वाला वळसा घालून परत येऊ का ? जर असे शक्य होईल तर विश्वाची भूमिती गोलाकार म्हटली पाहिजे. फरक इतकाच की पृथ्वीतलावर दोनच मिती असतात तर अंतराळात तीन. असे विश्व सीमा नसलेले तरी परिमित आकारचे असणार. अशी भूमिती असलेले विश्व प्रसरण आणि आकुंचन दोन्ही दशांतून जाणार.

ह्या भूमितीची प्रमेये युक्लिडच्या प्रमेया पेक्षा वेगळी असतील. एका उदाहरणाद्वारे हा फरक स्पष्ट होईल. युक्लिडच्या त्रिकोणाच्या तीन कोनांची बेरीज  $180^\circ$  अंश भरते. सपाट जागेवर काढलेल्या त्रिकोणाला हा नियम लागू पडतो. जर आपण गोल पृष्ठभागावर त्रिकोण काढला तर त्याच्या कोनांची बेरीज  $180^\circ$  अंशापेक्षा जास्त भरेल. हा त्रिकोण कसा काढायचा ? जर अ, ब, क हे तीन बिंदू एखाद्या चेंडूवर अंकित केले तर शाईत बुडवून एक रबरी पट्टा अ, ब, च्या दरम्यान ताणावा. त्या पट्ट्याचे चिन्ह चेंडूवर उमटेल. हाच प्रकार ब, क आणि क, अ बाबतीत करून पहावा म्हणजे अ ब क त्रिकोण चेंडूवर तयार होईल. याचे तीन कोन मोजून पहावे त्यांची बेरीज  $180^\circ$  अंशापेक्षा जास्त भरेल. त्या उलट खोगिरीच्या पृष्ठभागावर हा प्रयोग केला तर तीन कोनांची बेरीज  $180^\circ$  अंशापेक्षा कमी भरेल.

चेंडू, खोगीर आणि सपाट पृष्ठ भाग ह्या दोनमितीच्या उदाहरणा प्रमाणे तीन मितीतली उदाहरणे विश्वाला लागू होतात. खोगीर आणि सपाट क्षेत्र ह्यांची तीनमितीतली उदाहरणे सतत प्रसरण पावणाऱ्या विश्वाला लागू पडतात.

विश्वाचे पुढे आकुंचन होईल का ते सतत प्रसरणशील राहिल हे ठरते विश्वाच्या घनते वरून. जर घनता एका ठराविक मर्यादे पलिकडे असेल तर विश्वाचे आकुंचन होईल, एरव्ही सतत प्रसरण चालू असेल. ही घनतेची मर्यादा पाण्याच्या घनतेच्या दश कोटी कोटी कोटी कोटी अंशाहून कमी आहे. विश्वाची वास्तविक घनता किती आहे हे अद्याप माहीत नाही कारण अदृश्य स्वरूपात विश्वात — दृश्य पदार्थाहून पुष्कळ अधिक पदार्थ आहेत याची जाणीव खगोलशास्त्रज्ञांना येत आहे.

भविष्याबद्दल अटकळी बांधण्यापेक्षा भूतकालाची छाननी कित्येकदा अधिक

फायद्याची ठरते. फ्रीडमनच्या तीनही प्रकारच्या प्रतिकृती हे दर्शवतात की विश्वाचा उगम एका सूक्ष्म स्वरूपात पण स्फोटकरूपाने झाला आणि आजचे प्रसरणशील विश्व म्हणजे त्या स्फोटाचे पडसाद आहेत. हा स्फोट कसा होता ? त्यानंतर विश्वाची रचना कशी होती ? कालांतराने ती कशी बदलत गेली ? त्या आदिकाळाचे काही अवशेष आज आहेत का ? इत्यादी प्रश्न मनात उभे राहतात. सध्याच्या सीमित ज्ञानाच्या मर्यादेत त्यांची उत्तरे शोधणे चालू आहे.

आदिकाळातला एक महत्वाचा अवशेष, म्हणजे आज सर्वत्र दिसणारे सूक्ष्मतरंगांचे प्रारण. हे प्रारण सापडले १९६५ मध्ये अनपेक्षितरीत्या ! बेल टेलिफोन लॅबॉरेटरीतले दोन शास्त्रज्ञ आकाशगंगेचे वेध घेण्यासाठी सूक्ष्मतरंगांचा अँटेना उभारत होते. आर्नो पेंझियास आणि रॉबर्ट विल्सन हे ते शास्त्रज्ञ. अँटेनाची चाचणी घेण्यासाठी त्यांनी सात सेंटीमीटर वेव्हलेंग्थवर वेगवेगळ्या दिशांचे वेध घ्यायला सुरवात केली तो त्यांना एक आश्चर्यकारक शोध लागला. आकाशातील सर्व दिशांतून समप्रमाणात प्रारण येत होते ! सामान्यतः प्रारण स्रोतांकडून अपेक्षित असते आणि प्रारणाच्या तीव्रतेवरून आपण स्रोताची दिशा ठरवू शकतो. पेंझियास आणि विल्सनला तसे करता येत नव्हते कारण प्रारणात उच्चनीच तीव्रता नव्हती - सर्व दिशा सारख्याच होत्या. तेव्हा त्या प्रारणाचा उगम कशात असणार ?

विश्वरचनाशास्त्र आणि महास्फोटाच्या सिध्दांताची माहिती नसल्याने हा प्रश्न त्या दोघांपुढे उपस्थित झाला होता. वास्तविक त्यापूर्वी दोनदशके आधी जॉर्ज गॅमॉ नावाच्या शास्त्रज्ञाने महास्फोटानजीकच्या क्षणांची . . . पहिल्या काही मिनिटांची . . . माहिती मिळवायचा प्रयत्न केला होता आणि त्या प्रयत्नांवरून असे प्रारण आज अवशेषाच्या रूपात असावे हा निष्कर्ष काढला होता. क्रमशः ह्या निष्कर्षाचा आणि पेंझियास - विल्सन यांच्या शोधाचा मेळ बसवला गेला.

गॅमॉने केलेल्या संशोधनाची थोडक्यात माहिती करून घेणे योग्य ठरेल. महास्फोटा नंतर विश्व अतितप्त अवस्थेत असणार आणि त्यावेळी अणुगर्भांची परस्पर जोडणी होऊन आज विश्वात दिसणारी मूलतत्वे तयार झाली असणार हा गॅमॉचा अंदाज होता. तो अंशतः खरा ठरला. हायड्रोजन, ड्यूटीरियम, हिलियम सारखी छोटी मूलतत्वे पुरातन काळाच्या अतितप्त विश्वात बनली होती हे म्हणायला जागा आहे. परंतु कार्बन, ऑक्सिजनपासून लोखंड, यूरॅनियम सारख्या प्रचंड अणुगर्भांची रचना त्यावेळी न होता नंतर ताऱ्यांमध्ये झाली असे आज दिसून येते.

गॅमॉच्या गणितात आधुनिक, म्हणजे गेल्या वीस वर्षांतले अणुगर्भशास्त्रातले



तपशील घालून मांडलेले सुधारित गणित वास्तवाशी पडताळून पाहता पुष्कळ बरोबर ठरते. विश्वाच्या आदिकाळात तयार झालेले हीलियम सुमारे पंचवीस टक्के (वस्तुमानाने) असावे, तसे बहुत करून आहे. ड्यूटिरियम जास्त देखील अपेक्षित इतके आहे. मात्र प्रथम दर्शनी बरोबर वाटणारा हा सिध्दांत जास्त खोलात गेल्यावर त्यांत काही चुका किंवा विसंगत गोष्टी दिसतात. त्या दूर करण्याच्या दृष्टीने प्रयत्न चालू आहेत.

परंतु गॅमॉ आणि त्याचे सहकारी आल्फर आणि हरमन यांनी तप्त विश्व थंड होऊन त्यांत सूक्ष्मतरंगांचे प्रारण पार्श्वभूमीप्रमाणे असेल ही जी कल्पना मांडली ती बरोबर ठरली. प्रारणाचे तपमान आज ५-७ अंश केल्व्हिन असेल असा त्यांचा अंदाज होता. ते पावणेतीन अंश इतके भरले.

पेंझियास - विल्सन यांनी प्रारणाची तीव्रता ७.३ से. मी. वेव्हलेंगथ वर मोजली. महास्फोटाच्या सिध्दांता प्रमाणे हे प्रारण कृष्णिकेप्रमाणे असायला पाहिजे . . . म्हणजे एका बंदिस्त जागेतल्या प्रारणा प्रमाणे. बंदिस्त जागेत प्रारणातले प्रकाश कण परस्परांवर आपटून ऊर्जेचे आदान प्रदान करत करत एका ठराविक स्थायी स्वरूपात येऊन ठेपतात. कृष्णिकेत प्रत्येक वेव्हलेंगथवर किती ऊर्जा असावी हे तपमानाप्रमाणे ठरवले जाते. अलिकडे कॉस्मिक बॅकग्राउंड एक्स्प्लोरर उपग्रहाने ( थोडक्यात COBE ) हे प्रमाण प्रत्यक्षात आढळते हे दाखवले.

आज महास्फोटाच्या सिध्दांताचे दोन सबळ पुरावे म्हणजे हबलचा नियम आणि सूक्ष्मतरंगांची पार्श्वभूमी असे असूनही ह्या सिध्दांतात शंका घेण्यासारख्या काही गोष्टी आहेत त्यांची आता थोडक्यात चर्चा करणे योग्य होईल.

### महास्फोट सिध्दांता पुढील काही अनुत्तरित प्रश्न

जॉर्ज गॅमॉ आणि त्याच्या सहकाऱ्यांनी विश्वाच्या ज्या स्थितीचे वर्णन केले होते ती महास्फोटानंतर सुमारे एक सेकंद ते तीन मिनिटे ह्या दरम्यानची होती. चाळीस - पन्नास सालच्या दशकात मांडलेले ते गणित बहुतेक भौतिकशास्त्रज्ञांनी अटकळीनी भरलेले आणि वास्तवाशी संबंध नसलेले मानले होते. म्हणूनच सूक्ष्मतरंगांची पार्श्वभूमी शोधण्याचे प्रयत्न मुद्दाम कोणी केले नाहीत. वास्तविक दुसऱ्या महायुद्धात रडार तंत्रज्ञान विकसित झाले होते त्याचा फायदा घेऊन हा शोध १९५०-६० मध्ये लागू शकला असता.

विश्वरचनाशास्त्राबद्दलचे हे औदासिन्य १९६५ मधील पेंझियास-विल्सन शोधांमुळे दूर झाले. गॅमॉची मूळ कल्पना मानली जाऊन तिचा पाठपुरावा झाला. इतकेच

नव्हे तर गॅमॉने अभ्यासल्यापेक्षाही आधीच्या कालखंडात विश्व कसे होते याचा अभ्यास सुरू झाला. ह्यामागे दुहेरी हेतू होता. . . खगोलशास्त्रज्ञांचा आणि भौतिक शास्त्रज्ञांचा.

खगोलशास्त्रज्ञांना एका महत्वाच्या प्रश्नाचे उत्तर पाहिजे होते. विश्वात आढळणाऱ्या आकाशगंगा, त्यांचे समूह आणि समूहांचे समूह कसे आणि केव्हा तयार झाले ? ह्या प्रचंड वस्तूंची बीजे विश्वाच्या पहिल्या काही क्षणात तयार झाली का ? हे जाणून घ्यायला त्यांना महास्फोटानंतरच्या पहिल्या सेकंदाचा सखोल अभ्यास करायचा होता पण ते करायला विश्वसनीय असे भौतिकशास्त्राचे सिध्दांत हवे होते.

खुद्द भौतिकशास्त्रज्ञ आपल्या मूलभूत सिध्दांतांच्या एकीकरणाकडे वाटचाल करीत होते. गेल्या शतकात जेम्स क्लार्क मॅक्सवेल याने आपल्या समीकरणांनी विद्युत् शास्त्र आणि चुंबकीय शास्त्र यांची सांगड लावून दिली होती. पुढे गुरुत्वाकर्षण आणि विद्युच्चुंबकीय शास्त्रांचे एकीकरण करावे हा आइन्स्टाइनचा प्रयत्न होता तो आज ही अयशस्वी ठरला आहे. मात्र १९७० पर्यंत एक वेगळेच एकीकरण साध्य झाले होते. . विद्युच्चुंबकीय प्रक्रिया आणि मंद प्रक्रिया यांचे . अब्दुस सलाम व स्टीवन वाइनबर्ग ह्या दोघांच्या प्रयत्नांचे ते फळ. पुढे ह्या जोडीत तीव्र प्रक्रिया पण आणता येईल हा आत्मविश्वास भौतिक शास्त्रज्ञांत निर्माण झाला. परंतु त्यांत एक अडचण होती.

सलाम-वाइनबर्ग एकीकरण सिध्दांत तपासून पाहणे शक्य होते कारण जिनीव्हा येथील 'सर्न' प्रयोगशाळेत प्रचंड ऊर्जेच्या कणांची टक्कर घडवून आणून ह्या सिध्दांताची भाकिते बरोबर आहेत याची खात्री करून घेता आली. त्यापुढची पायरी म्हणजे विद्युच्चुंबकीय + मंद + तीव्र प्रक्रियांचे ' विशाल एकीकरण' तपासून पहायला सर्न येथे शक्य असलेल्या ऊर्जे पेक्षा दहा हजार अब्ज पटीने जास्त ऊर्जेचे कण तयार करणे आवश्यक आहे. ही कामगिरी आजच्याच नाही तर निकट भविष्यातल्या तंत्रज्ञानाला देखील अशक्य आहे. मग हा विशाल एकीकरणाचा सिध्दांत विज्ञानाला आवश्यक अशी प्रायोगिक चाचणी कशी पार करणार ?

ह्या प्रश्नाचे उत्तर विश्वाच्या आदिकाळात मिळते. आपण जर त्या पहिल्या सेकंदाचे छोटे छोटे भाग पाडत गेलो तर महास्फोटाचे गणित असे सांगते की जेव्हा विश्वाचे वय एक सेकंदाचा अब्ज-अब्ज-अब्ज-अब्जांश इतकेच होते तेव्हा त्यातील कणांची ऊर्जा विशाल एकीकरणाला उपयुक्त होती. अत्यल्प असा हा एकच छोटासा कालखंड भौतिकशास्त्रज्ञांना त्यांचे सिध्दांत तपासायला उपयोगी आहे.



## महास्फोटानंतरचे काही क्षण

मूलकणांचे शास्त्र आणि विश्वरचना शास्त्राच्या विद्यमाने होणाऱ्या संशोधनातून विश्वाच्या आदिकाळाचे खालील वेळापत्रक निघत आहे :

वेळ ( महास्फोटानंतर)	घटना
सेकंदाचा कोटी-अब्ज-अब्ज-अब्ज-अब्जांश	विश्वाला क्वांटम सिध्दांत लागू
सेकंदाचा अब्ज-अब्ज-अब्ज-अब्जांश	विशाल एकीकरणाचे पडसाद / पोकळीत घडणाऱ्या बदलामुळे विश्वाचा वेगाने विस्तार ('इन्फ्लेशन') / घडामोडी संपल्यावर विश्वाचे प्रसरण
सेकंदाचा अब्जांश	न्यूट्रॉन प्रोटॉनचे घटक क्वार्क आणि त्यांच्याशी प्रक्रिया असणारे ग्लुऑन कण यांचे मिश्रणातून न्यूट्रॉन प्रोटॉन तयार
सेकंदाचा दशांश - एक सेकंद	न्युट्रिनो कण इतर कणांपासून अलिप्त
एक - दहा सेकंद	इलेक्ट्रॉन पॉझिट्रॉन यांचा परस्पर विनाश आणि प्रारणाचे तपमान वाढणे
दहा सेकंद - तीन मिनिटे	ड्युटिरियम, हीलियम आदि अणुगर्भाची रचना / ह्या कालखंडाचा गॅमॉने अभ्यास केला होता.
लाख - दहालाख वर्षे	प्रारणाची अलिप्त पार्श्वभूमी तयार / तपमान ३००० अंश (आता कमी होत २.७५ अंशाला पोचलेले)

साहजिकच समान गरजा असलेले पण एरव्ही वेगवेगळ्या क्षेत्रात काम करणारे मूलकणांचे तज्ञ आणि विश्वरचना शास्त्रज्ञ एकत्र येऊन काम करतात अशी स्थिती १९८० पासून दिसत आहे. परंतु ह्या परस्पर विचार मंथनाने प्रश्न न सुटता उलट अधिक बिकट होत चालले आहेत. आपण येथे केवळ खगोलशास्त्रीय प्रश्नांचाच विचार करू.

आज पाहता विश्वाचे दोन घटक आहेत . . . पदार्थ आणि प्रारण. पैकी सर्वात अधिक ऊर्जेचे प्रारण जिचा उगम विश्वाच्या आदिकालात झाला असे मानले जाते, त्याची पार्श्वभूमी फारच ' गुळगुळीत' आहे - तीत बिलकूल उच्चनीच पणा आढळत नाही. त्या उलट पदार्थाच्या बनलेल्या आकाशगंगा घनतेचा उच्चनीचपणा दर्शवतात. तर प्रश्न असा उद्भवतो की आकाशगंगांची बीजे पडताना किंचितसा उच्चनीचपणा प्रारणात यायला हवा होता. . . तो का दिसत नाही ?

एका उदाहरणाद्वारे ही अडचण समजून घेऊ. समुद्र किनाऱ्याजवळचा वालुकामय प्रदेश पाहून आपण सांगू शकतो की अलिकडच्या काळात कोणी लोक त्या प्रदेशात येऊन गेले वा नाही. जर येऊन गेले असले तर वाळूत त्यांची पावले उमटली असणार, एकंदर प्रदेशात उच्चनीच पणा दिसणार. त्या उलट जर तो प्रदेश गुळगुळीत सपाट असेल तर तेथे कोणी येऊन गेले नाहीत असा निष्कर्ष आपण काढतो. पण जर कोणी असे म्हटले की ह्या गुळगुळीत सपाट वाळूवर नुकतेच हजार लोक चालून गेले तर आपण त्याला मूर्खात काढू. . . महास्फोटा बाबत असेच झाले आहे. आकाशगंगांची निर्मिती झाली पण तिचे पडसाद सूक्ष्मतरंगांच्या पार्श्वभूमीवर बिलकूल उमटलेले नाहीत हे असे का ?

वाळूचेच उदाहरण पुढे चालू ठेवून एक वेगळे उत्तर देता येईल. हजार लोक एक तासापूर्वी चालून गेले तरी वाळू सपाट राहू शकते ! केव्हा ? जर लोक येऊन गेल्यावर भरती येऊन गेली असेल तर पण याचा अर्थ वाळूचा सपाट गुळगुळीतपणा लोक येऊन गेल्या नंतरचा , म्हणजे अगदी अलिकडला आहे. त्याचप्रमाणे असे म्हणता येईल की सूक्ष्मतरंगांची पार्श्वभूमी इतकी गुळगुळीत दिसते कारण ती आदिकाळातली नसून अलिकडची आहे - आकाशगंगांच्या निर्मितीनंतरची आहे. पण हे जर मान्य केले तर महास्फोटाचा एक महत्वाचा पुरावाच निरर्थक ठरतो.

आकाशगंगांच्या निर्मितीचे रहस्य अद्याप सुटले नाही. विश्वात दडलेल्या अदृश्य पदार्थाची ह्या कामी मदत होते असा सामान्य ग्रह आहे. मात्र अदृश्य पदार्थ कुठल्या प्रकारचे आहेत हे माहीत नसल्याने विविध पर्याय पडताळून पाहण्यात येत आहेत. आजपर्यंत ह्या प्रयत्नांना यश मिळालेले नाही. त्यामुळे आकाशगंगांची निर्मिती हा



विश्वरचनाशास्त्रातला सध्याचा यक्षप्रश्न आहे.

सामान्यपणे असे गृहीत धरले जाते की आकाशगंगा एका ठराविक कालखंडात जन्माला आल्या. त्यामुळे आज सर्व आकाशगंगांची वय सारखीच असावीत. परंतु प्रत्यक्षात तसे दिसून येत नाही. उदाहरणार्थ आयरॅस (इन्फ्रारेड अॅस्ट्रॉनॉमी सॅटेलाइट) ह्या इन्फ्रारेड दुर्बिणीने ( जी १९८३ साली उपग्रहावरून वेध घेत होती ) काही नवीन जन्माला आलेल्या आकाशगंगा शोधून काढल्या आहेत. तेव्हा आकाशगंगांचे निर्मिती कार्य अजूनही चालू आहे.

आकाशगंगेतील तारा समूहांचा अभ्यास करून त्यांची वय ठरवता येतात. तसेच पृथ्वीवर आणि मीटिओराइट मध्ये रेडिओअॅक्टिव आयसोटोपांचे प्रमाण पाहून त्यांचा कालखंड ठरवता येतो. दोन्ही मार्गांनी आपल्या आकाशगंगेचे वय १५ ते २० अब्ज वर्षे इतके भरते. परंतु प्रसरणशील फ्रीडमन प्रतिकृतीपैकी बहुतेक सर्वांची वय ( म्हणजे महास्फोटापासून आजपर्यंतचा कालखंड ) याहून कमी भरतात. तेव्हा इथे एक विसंगती आहे.

खुद्द हबलचा नियम सर्वच आकाशगंगा आणि क्वेसारना लागू पडतो का अशी शंका घेणारे निवडक लोक आहेत. ह्यामागे प्रथम अपवादात्मक असा थोडा पुरावा होता. त्यात सातत्याने भर पडत आता तो दुर्लक्षिला जाऊ शकत नाही. उदाहरणार्थ दोन परस्परांना जोडलेल्या आकाशगंगांत लाल रंगाकडे सरकण्याचे प्रमाण वेगवेगळे आहे अशी उदाहरणे आहेत. हबलच्या नियमाप्रमाणे जोडलेल्या आकाशगंगा एकाच अंतरावर असल्याने त्यांच्या वर्णपटातील वरील सरकण्याचे प्रमाण तेच असायला पाहिजे.

थोडक्यात महास्फोटाचा सिध्दांत बहुजनमान्य असला व त्याच्या बाजूने बरेच पुरावे दिले जात असले तरी तो वाटतो तितका भक्कम पायावर उभारलेला नाही.

विश्वात जीवसृष्टी कुठे कुठे असेल ?

विश्वाच्या रचनेत सजीवांचाही समावेश होतो. ह्या क्षेत्रात मात्र नव्यानेच विचारमंथन होत आहे. पृथ्वीपलिकडे जीवसृष्टी असेल का ? असली तर ती किती प्रगत असेल ? तिच्याशी आपण संपर्क कसा साधू शकू ? इत्यादी प्रश्न पूर्वी केवळ विज्ञानसाहित्यात चर्चिते जात. परंतु १९६० पासून अस्सल विज्ञानानेही त्यांची दखल घ्यायला सुरवात केलीय.

याचे कारण मिलीमीटर लांबीच्या सूक्ष्म लहरींद्वारे अंतराळाचे वेध घेता त्यांत अनेक मोठाल्या कार्बनिक रेणूंची माहिती मिळाली. ह्या रेणूंमध्ये होणाऱ्या स्पंदनातून

अशा लहरी निघतात आणि त्यांच्या लांबीवरून रेणूंची माहिती मिळू शकते. पृथ्वीवरील जीवांच्या मुळाशी असलेल्या DNA रेणूंचे हे घटक रेणू असल्याने साहजिकच विचार येतो की अंतराळात देखील DNA आणि त्यांतून तयार झालेले जीव असतील का ? आणि असले तर कुठे आणि किती ठिकाणी ?

फ्रँक ड्रेक ह्या रेडिओ खगोलशास्त्रज्ञाने एक समीकरण मांडून पृथ्वीबाहेरच्या प्रगत जीवसृष्टींची संख्या ठरवायचा गणिती उपाय सांगितला. थोडक्यात हे समीकरण असे :

पृथ्वी बाहेरील प्रगत जीवसृष्टींची संख्या

= वर्षाला निपजणारे आकाशगंगेतले तारे

×

सूर्या सारख्या ताऱ्यांचे प्रमाण

×

अशा ताऱ्यांना ग्रहमाला असण्याची संभाव्यता

×

ग्रहमालेत पृथ्वीसहस्र जीवसृष्टीला पोषक परिस्थिती असलेल्या ग्रहांचे प्रमाण

×

अशा ग्रहांवर जीवसृष्टी उद्भवण्याची संभाव्यता

×

जीवसृष्टीत बुद्धीमत्ता विकसित होण्याची संभाव्यता

×

त्या जीवसृष्टीला दळणवळणाचे तंत्रज्ञान गवसण्याची संभाव्यता

×

अशा प्रगत जीवसृष्टीचे एकंदर आयुष्य

ड्रेकचे समीकरण सोडवायला आपल्याला खगोलशास्त्राशिवाय जीवशास्त्र, कृत्रिम बुद्धिमत्तेचे शास्त्र, दळणवळण तंत्रज्ञान आणि समाजशास्त्र यांची पण आवश्यकता आहे. सामान्यतः आपल्याला पहिल्या दोन तीन गुणकांचा अंदाज लावता येतो पण समीकरण सोडवण्यास आवश्यक सगळेच गुणक अद्याप निश्चित नाहीत. त्यामुळे समीकरण आपल्या अंदाजाप्रमाणे सोडवून प्रत्येकजण उत्तर मांडतो.

आशावादी लोक (यांत खगोलशास्त्रज्ञ मोडतात) आपल्या आकाशगंगेत



1262.  
12/11/92.  
अब्जावधी संख्येने प्रगत जीवसंस्कृती आहेत असे म्हणतात तर निराशावादी ( यांत जीवशास्त्रज्ञांचा समावेश आहे) पृथ्वी ही एकच सजीवांची जागा असे विधान करतात. फार टोकाची भूमिका न घेणारे ही संख्या लाख - दहालाखाच्या आसपास मानतात.

जीवसृष्टी जवळच्या एकाद्या ताऱ्याभोवतालच्या ग्रहात प्रगत स्वरूपात नांदत आहे, असे गृहीत धरले तर तिच्याशी संपर्क कसा साधावा? अंतराळ यानांचा वेग आणि ताऱ्याताऱ्यांमधली अंतरे पाहता अशा यानातून शोधण्यास माणसे पाठवणे हा मार्ग व्यवहार्य नाही. रेडिओलहरींचे आदान प्रदान — त्यांत २१ सें.मी. ची हायड्रोजन अणूची लहर प्रामुख्याने सुचवली जाते — हाच सर्वात व्यवहार्य मार्ग आहे. ह्या लहरी प्रकाशाच्या वेगाने जातात व दहा प्रकाशवर्ष अंतरावरील ताऱ्याकडे जाऊन यायला वीस वर्षे घेतील. म्हणजे आज पाठवलेल्या संदेशाचे उत्तर वीस वर्षांनी ! तरी सुध्दा ड्रेक सारखे आशावादी संदेश पाठवण्याचे प्रयोग मधून मधून करत असतात. ह्या प्रकल्पाला सेटी (सर्व फॉर एक्स्ट्राटेरेस्ट्रियल इंटेलिजन्स) म्हणतात. पुण्याजवळ नारायणगाव येथे बांधल्या जाणाऱ्या रेडिओ दुर्बिणीचा वापर काही प्रमाणात ह्या कार्यासाठीपण होऊ शकेल.

### समारोप

विश्वाच्या रचनेची चुणूक आज आपल्याला आजच्या प्रचंड दुर्बिणीतून पहायला मिळते. मिळालेल्या माहितीचा अर्थ लावण्यात आजचे विज्ञान अंशतः यशस्वी झाले आहे. अब्जावधी प्रकाश वर्षे अंतरापर्यंत पसरलेल्या विश्वाचा आपण आज काय अर्थ लावणार म्हणून हातपाय गाळून बसणे हे जितके चुकीचे तितकेच आपण विश्वरचनेचा प्रश्न पूर्णपणे सोडवला ही बढाई मारणेही चुकीचे. विश्वरचनेचे कोडे आज उघा उलगडणारे नाही. पण आपल्या माहितीत अधिकाधिक भर पडत जाणार ही आशा पुढील संशोधनाला निश्चित प्रेरक ठरते.

\* \* \* \* \*